

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΙ

Περάματα στον Ηλεκτρομαγνητισμό

Του **ΚΩΝ/ΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ** (Φοιτητής του Τμ. Φυσικής),
με την επίβλεψη
της **ΣΤ. ΓΕΩΡΓΑ** (Καθηγήτριας του Τμ. Φυσικής).

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

- ▶ **2000 π.Χ** : Ενδείξεις ότι οι Κινέζοι παρατήρησαν μαγνητικά φαινόμενα!
- ▶ **700 π.Χ.:** Οι Αρχαίοι Έλληνες έκαναν παρατηρήσεις μαγνητικών και Ηλεκτρικών φαινομένων



Ηλεκτρισμός: Το ήλεκτρο (κεχριμπάρι) όταν τρίβεται έλκει ελαφρά αντικείμενα (π.χ. πούπουλα)!



Μαγνητισμός: Κομμάτια του ορυκτού μαγνητίτης (Fe_3O_4) έλκονται από το σίδηρο!



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

•**1600 μ.Χ.** :ο **William Gilbert** ανακαλύπτει ότι ο Ηλεκτρισμός είναι γενικότερο φαινόμενο και δε συνδέεται μόνο με το ήλεκτρο!



•**1785 μ.Χ.:** ο **Charles Coulomb** ανακαλύπτει ότι ο νόμος της ηλεκτρικής δύναμης, είναι νόμος «αντίστροφου τετραγώνου της απόστασης», όπως και ο νόμος της Βαρύτητας!

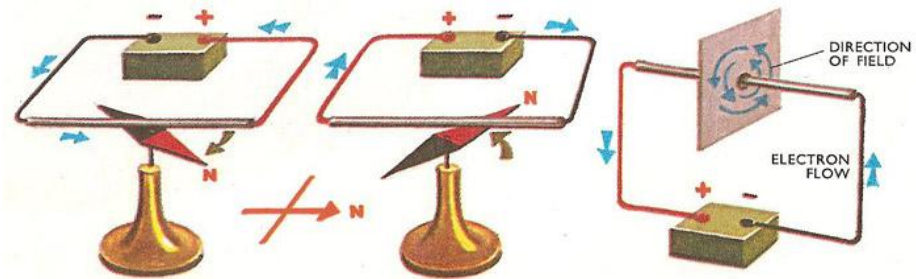


ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

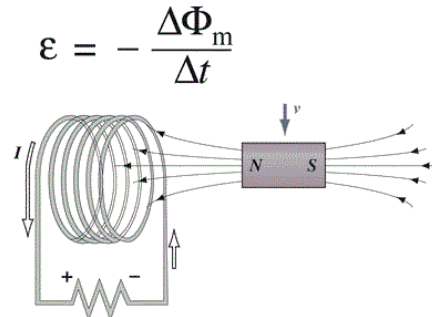
• **Αρχές 19^{ου} αιώνα:** Ο Ηλεκτρισμός και ο Μαγνητισμός είναι συγγενή φαινόμενα:

➤ **1820: Πείραμα Oersted:**

Εκτροπή μαγνητικής πυξίδας όταν βρίσκεται κοντά σε ρευματοφόρο αγωγό!



➤ **1891:** Οι M. Faraday και J. Henry διατύπωσαν το **νόμο της Επαγωγής!**



ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ


- ❖ Διατήρηση ηλεκτρικού φορτίου
- ❖ Κβάντωση Ηλεκτρικού Φορτίου: $Q=n \cdot e$
- ❖ Δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου: Θετικό και Αρνητικό
- ❖ Δυναμικές Γραμμές Πεδίου
- ❖ Ηλεκτρική Θωράκιση
- ❖ Πολικά & Μη Πολικά Μόρια
- ❖ Πόλωση Διηλεκτρικού
- ❖ Είδη πόλωσης (Ιοντική-Προανατολισμού-Ηλεκτρονική)



ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

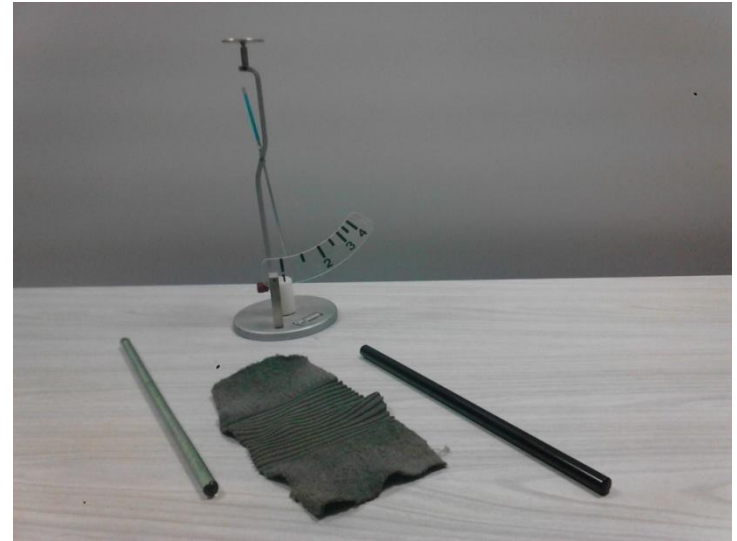
▪ **Αγωγοί :** Υλικά των οποίων ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στον εξωτερικό φλοιό των ατόμων τους, δεν είναι προσδεμένα στον πυρήνα αλλά περιφέρονται ελεύθερα στον όγκο τους.

• **Μονωτές:** Υλικά των οποίων τα ηλεκτρόνια είναι ισχυρά προσδεμένα στον πυρήνα του εκάστοτε ατόμου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί ροή ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του όγκου τους.



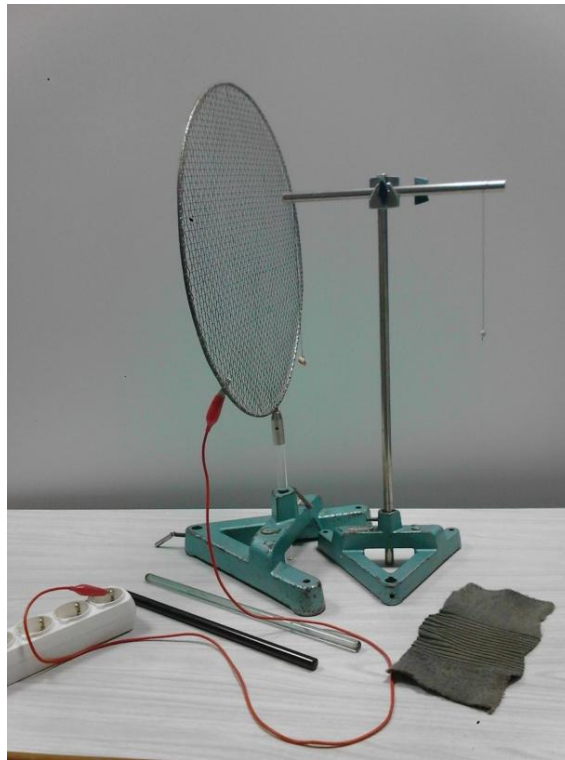
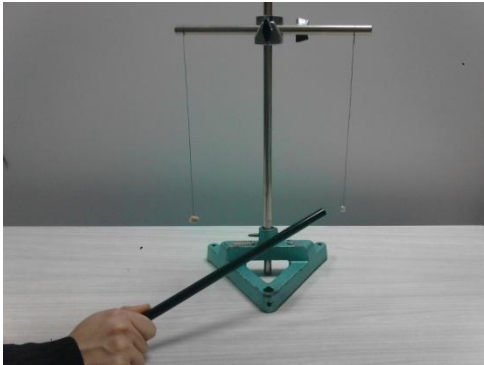
ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

- Φόρτιση σωμάτων με τριβή-επαφή-επαγωγή
- Ηλεκτροσκόπιο
 - Φόρτιση Ηλεκτροσκοπίου
 - Εκφόρτιση ηλεκτροσκοπίου με γείωση ή με φλόγα!



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

❖ Ηλεκτρικό εκκρεμές



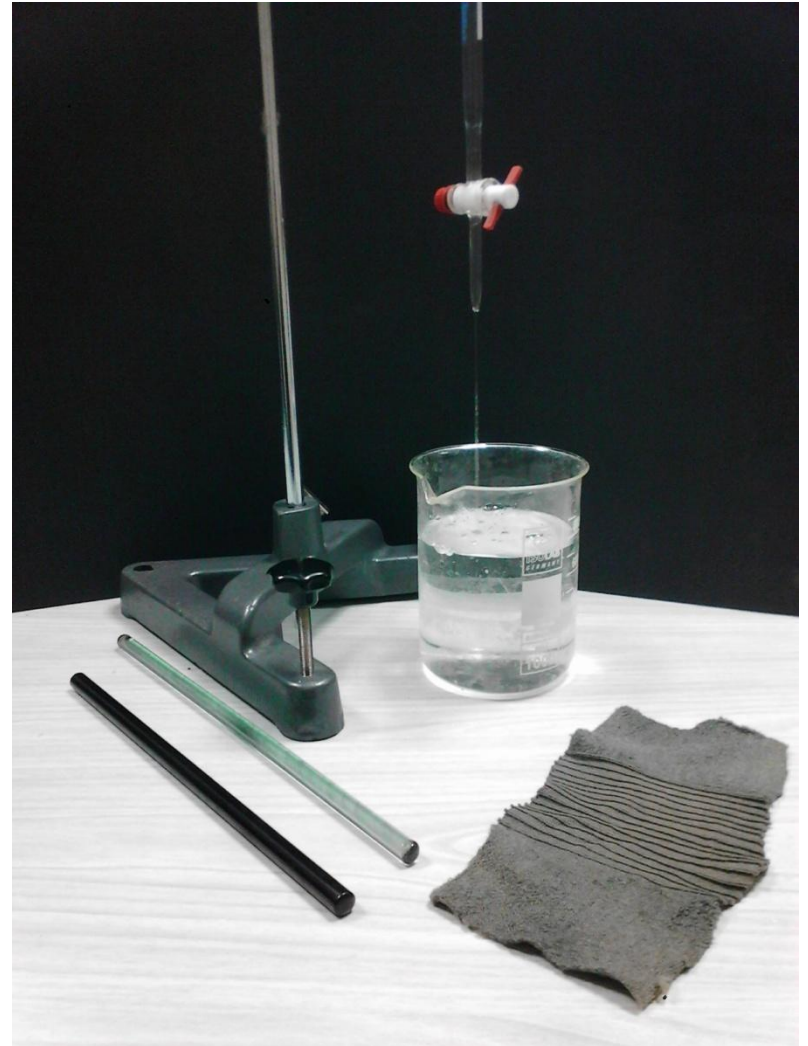
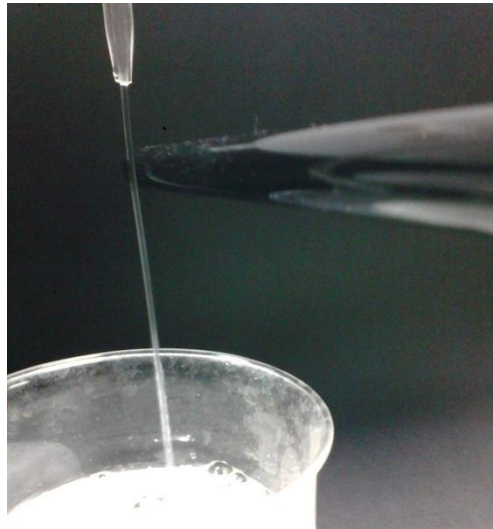
**ΤΡΟΠΟ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ
ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ !!!**



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

❖ Τα μόρια του νερού είναι
Ηλεκτρικά δίπολα!

➤ Επίδραση φορτισμένης
ράβδου εβονίτη σε λεπτή
φλέβα νερού:



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ηλεκτροστατικές Μηχανές

❖ *Μηχανή Wimshurst*

Είναι αυτοδιεγχειρόμενη συσκευή παραγωγής ηλεκτρικών φορτίων, διαφοράς δυναμικού έως 150 KV με μικρή όμως δυνατότητα παροχής ρεύματος (ένταση ρεύματος της τάξης μερικών mA).



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

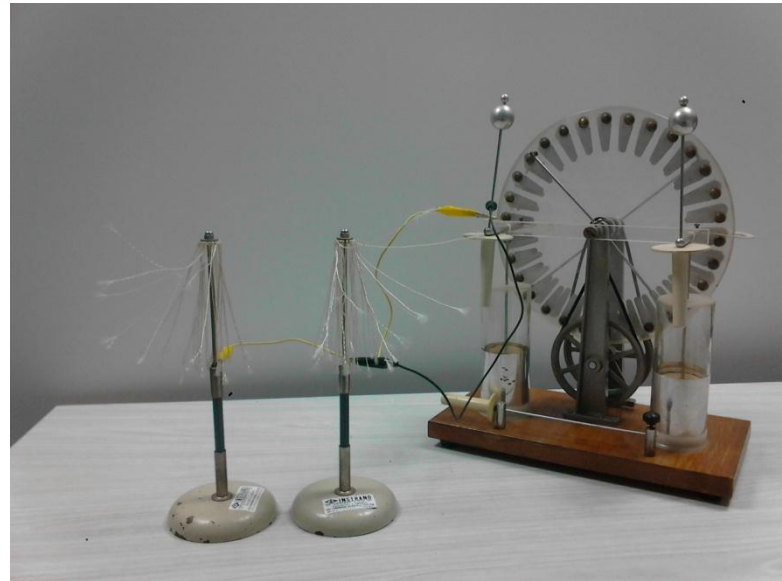
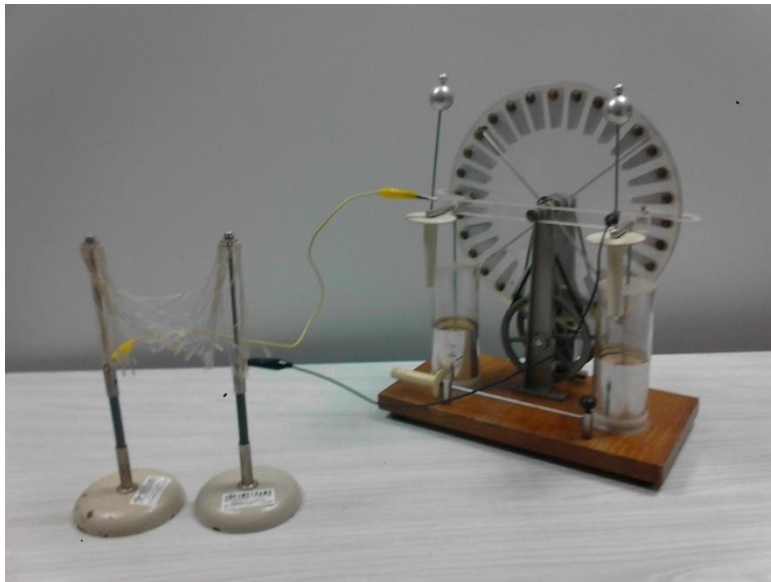
- ❖ Πρόκληση ηλεκτρικών εκκενώσεων με τη μηχανή (απλή λειτουργία μηχανής).
- ❖ Σύνδεση ηλεκτροσκοπίου στον ένα πόλο της μηχανής και διαπίστωση φόρτισης του κατά τη διάρκεια λειτουργίας της.
- ❖ Το μπαλάκι που «ταλαντώνεται»
Ανάμεσα στους πόλους της μηχανής!



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

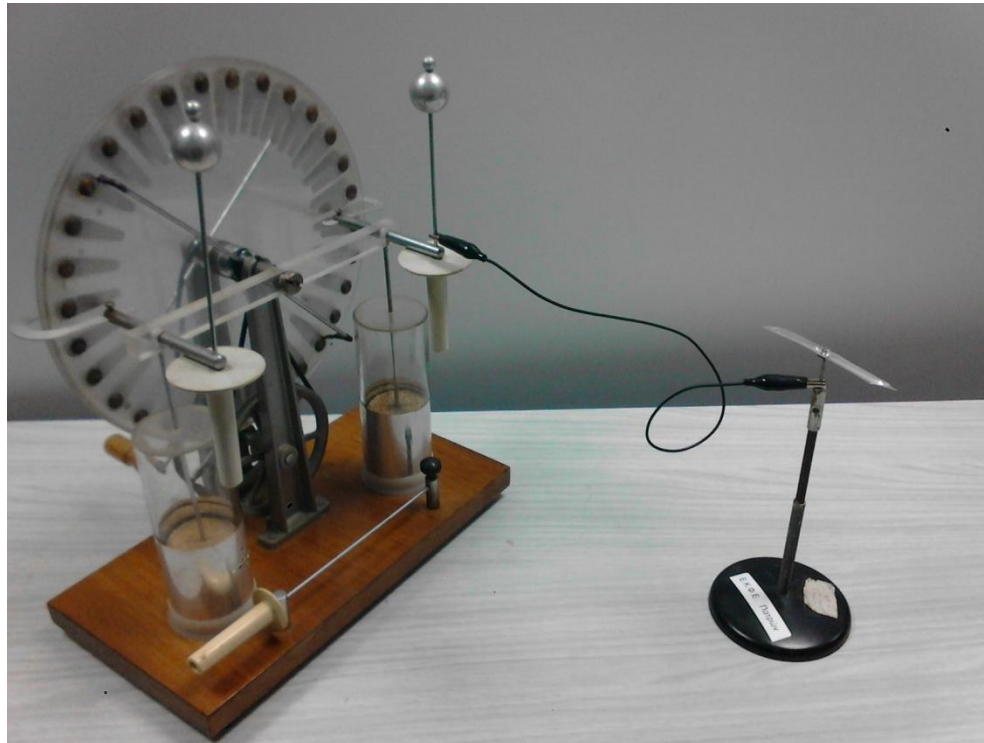
❖ Επίδειξη δυναμικών γραμμών ηλεκτρικού πεδίου, που δημιουργείται από ένα φορτίο (ακτινικό πεδίο) ή που δημιουργείται ανάμεσα σε ομόσημα ή ετερόσημα φορτία!



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

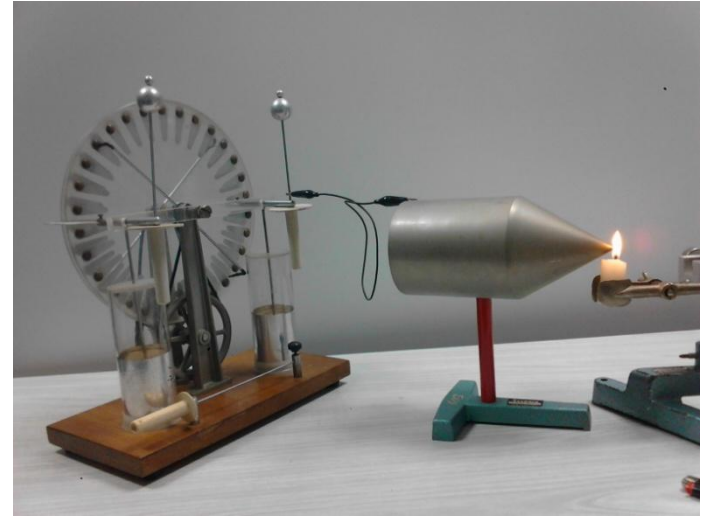
❖ Περιστροφή μεταλλικού ελάσματος, του οποίου τα άκρα καταλήγουν σε ακίδες!



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ WIMSHURST

❖ Φόρτιση κυλινδρικού αγωγού, του οποίου η μια βάση είναι κωνική, με τη μηχανή. Τοποθέτηση φλόγας κεριού κοντά στην κορυφή του κώνου και παρατήρηση της φλόγας κατά τη διάρκεια φόρτισης του αγωγού : Απόδειξη της αυξημένης συγκέντρωσης του πλεονάζοντος φορτίου του αγωγού στην «προεξοχή» του.

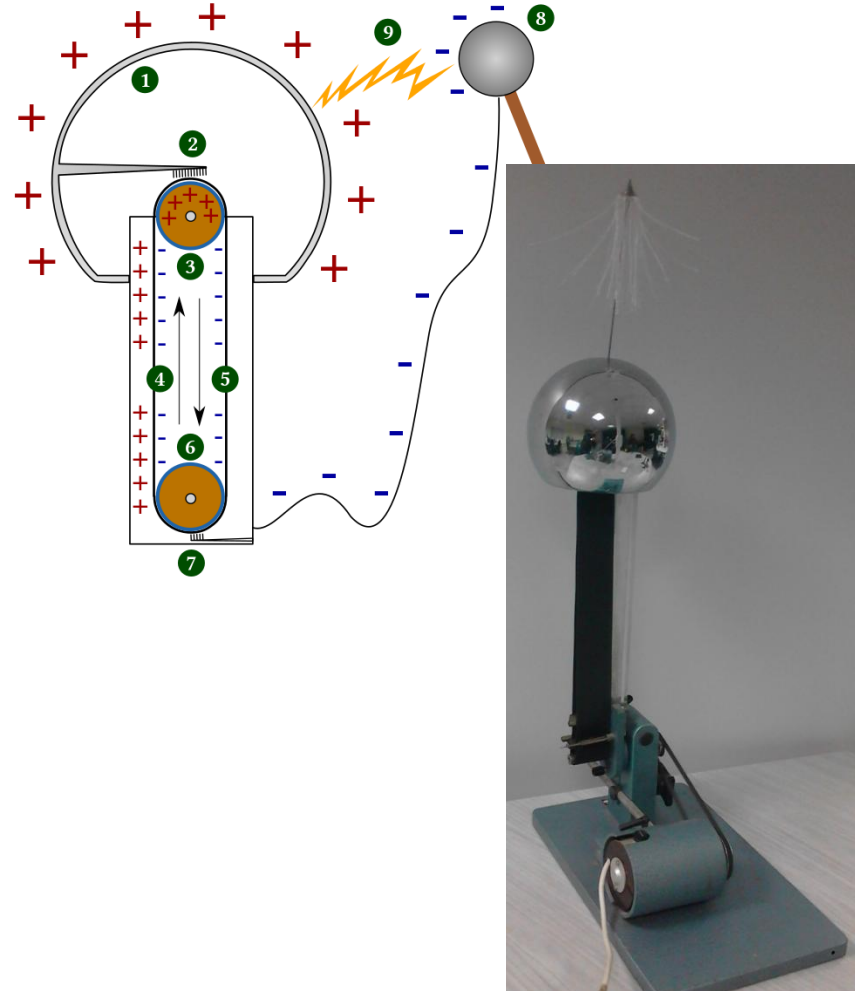


ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ηλεκτροστατικές Μηχανές

❖ Μηχανή Van der Graaf

Μηχανή παραγωγής ηλεκτροστατικού φορτίου σε διάφορων τύπων αγωγούς (εδώ σφαιρικό), και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα πειραμάτων κατανομής ηλεκτροστατικού φορτίου.



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

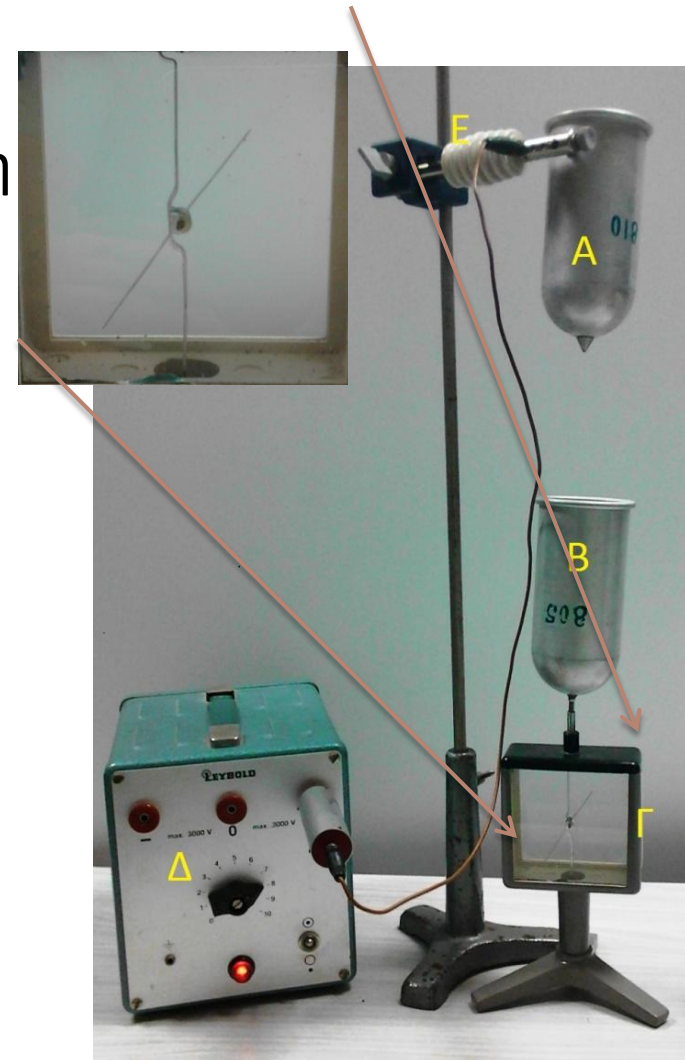
Οι σταγόνες του νερού μεταφέρουν ηλεκτρικό φορτίο!

A, B => Μεταλλικά δοχεία Νερού (στη βάση του A υπάρχει μικρή οπή, από την οποία πέφτουν σταγόνες νερού στο B, το οποίο είναι προσαρμοσμένο σε ηλεκτροσκόπιο)

Γ => Ηλεκτροσκόπιο ώστε να μετρά το φορτίο του δοχείου B.

Δ => Ηλεκτροστατική γεννήτρια υψηλής τάσης.

Ε => Μονωτικό υλικό για τη στερέωση του δοχείου A και την αποφυγή διαρροής φορτίου.



ΠΥΚΝΩΤΗΣ

Απαραίτητες γνώσεις:

- ❖ Εντοπισμένη Χωρητικότητα
- ❖ Κατανεμημένη Χωρητικότητα
- ❖ Διηλεκτρική Σταθερά
- ❖ Πολικά και ΜΗ Πολικά Μόρια



ΠΥΚΝΩΤΗΣ

❖ Χωρητικότητα Πυκνωτή:

$$C = \frac{Q}{V}$$

❖ Πυκνωτής με επίπεδους παράλληλους οπλισμούς:

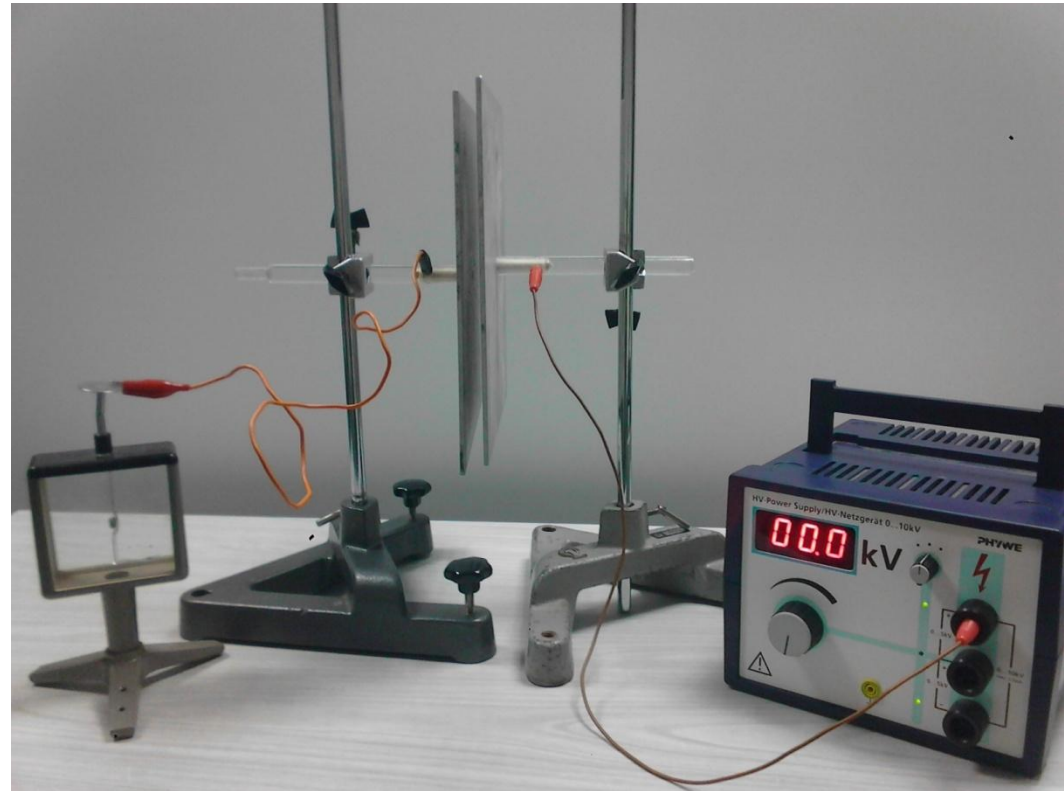
$$C = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{d}$$



ΠΥΚΝΩΤΗΣ: Μελέτη της εξάρτησης της χωρητικότητας C πυκνωτή από την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του.

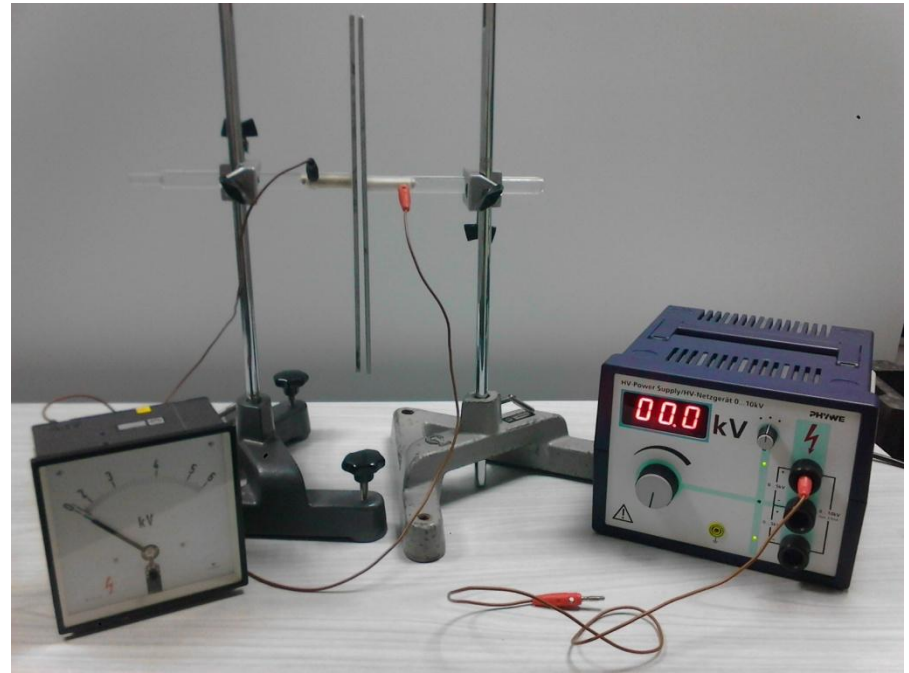
Η μελέτη μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- **α' τρόπος:** Κρατώντας την δ.δ. ανάμεσα στους οπλισμούς σταθερή, και παρατηρώντας τη μεταβολή του φορτίου Q του πυκνωτή συναρτήσει της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του (Σχήμα 12).



ΠΥΚΝΩΤΗΣ: Μελέτη της εξάρτησης της χωρητικότητας C πυκνωτή από την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του.

•**β' τρόπος:** Κρατώντας το φορτίο Q στους οπλισμούς σταθερό, παρατηρούμε τη μεταβολή της δ.δ. ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή συναρτήσει της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του.



ΠΥΚΝΩΤΗΣ: Εισαγωγή διηλεκτρικού ανάμεσα στους οπλισμούς πυκνωτή

❖ $C = \epsilon C_0$

- ❖ Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια εισαγωγής του διηλεκτρικού ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή, διέρχεται ρεύμα από το κύκλωμα. Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια εξαγωγής του διηλεκτρικού, το ρεύμα έχει αντίθετη φορά!



ΠΥΚΝΩΤΗΣ

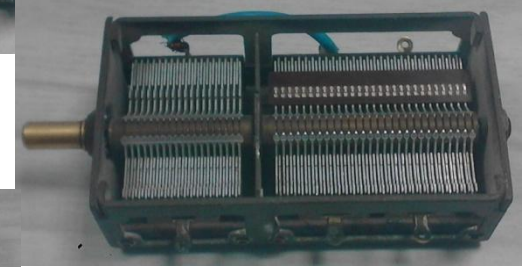
Είδη πυκνωτών:

- ❖ Μεταβλητός πυκνωτής αέρος
- ❖ Πυκνωτής χάρτου
- ❖ Ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
- ❖ Λουγδωνική λάγηνος (Leyden)

Στοιχεία πυκνωτή:

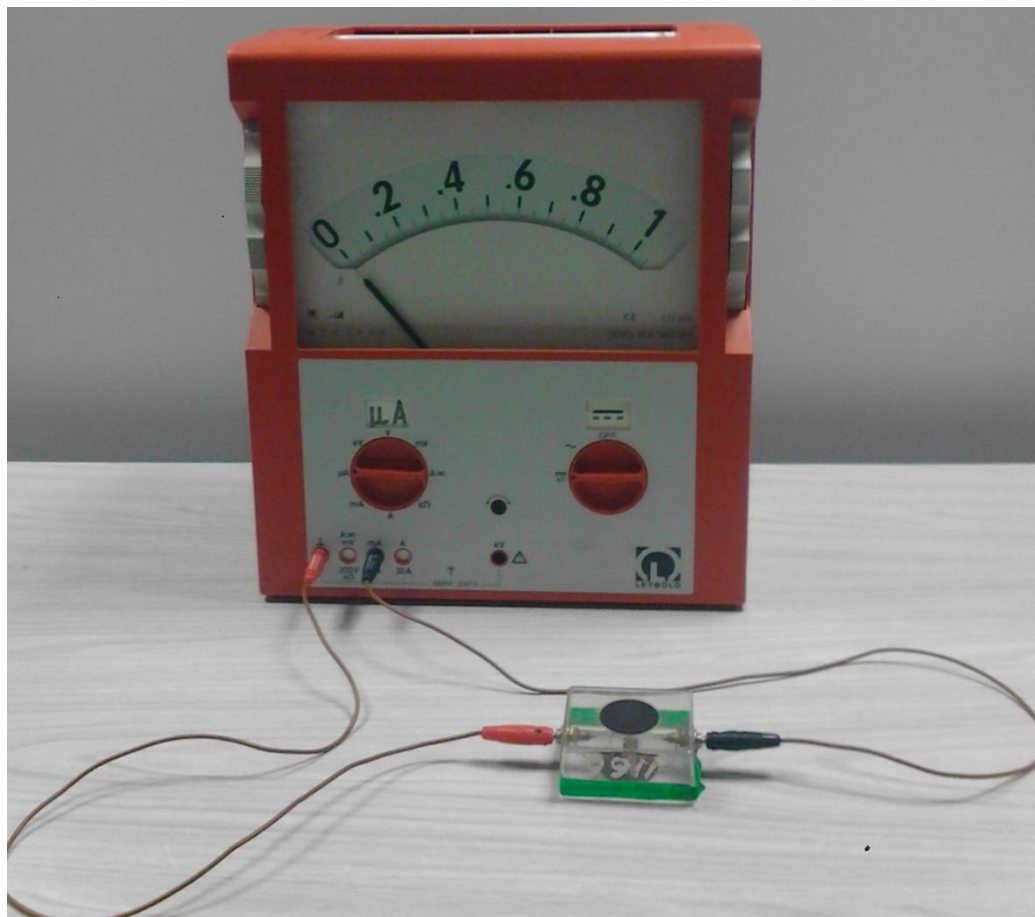
- ❖ Τιμή της χωρητικότητας
- ❖ Πεδίο διάσπασης (breakdown field)

✓ Φροντίζω ποτέ να μην ακουμπήσω και τους 2 σπλισμούς ενός Πυκνωτή ταυτόχρονα, αν δεν βεβαιωθώ πως έχει εκφορτιστεί!
Π.χ. Τοποθετώντας μια φλόγα ανάμεσά στους ο πυκνωτής εκφορτίζεται!



ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

- ❖ **Πιεζοηλεκτρικό Φαινόμενο:**
- ❖ Πιέζοντας τον μονοκρύσταλλο Χαλαζία παρατηρείται ρεύμα στο Αμπερόμετρο!



ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

1. Πάντα πριν την δημιουργία, κατασκευάζω σκαρίφημα του κυκλώματος.
2. Τα αμπερόμετρα μπαίνουν σε σειρά στο κύκλωμα, ενώ τα βολτόμετρα και οι παλμογράφοι μπαίνουν παράλληλα και αφού έχει ολοκληρωθεί το εν σειρά κύκλωμα!
3. Εξετάζω αν το πείραμα θα γίνει με συνεχή (DC) ή εναλλασσόμενη (AC) τάση και φροντίζω πάντα όλα τα στοιχεία του κυκλώματος να είναι τα κατάλληλα.
4. Δεν τροφοδοτώ το κύκλωμα αν δεν το ελέγξω με προσοχή:
 1. Για τη σωστή επιλογή των στοιχείων
 2. Για τη σωστή τους πολικότητα
 3. Για τον έλεγχο του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα με την παρεμβολή κατάλληλου αμπερομέτρου και ρυθμιστικής αντίστασης



ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- ❖ Τάση – αντίσταση – ένταση ρεύματος – φορτίο
- ❖ AC- DC ρεύμα
- ❖ Πυκνωτής
- ❖ Πηνίο
- ❖ Μετασχηματιστής
- ❖ Ανορθωτής
- ❖ Γείωση



ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Η μέτρηση μιας αντίστασης μπορεί να γίνει με 2 τρόπους:

1. Άμεσα, με τη βοήθεια Ωμόμετρου
2. Έμμεσα, με μετρήσεις I-V: Πραγματοποιούμε ένα «εν σειρά» κύκλωμα (πηγή-αντίσταση-αμπερόμετρο-ρυθμιστική αντίσταση) και στα άκρα της μετρούμενης αντίστασης, συνδέουμε –εν παράλληλω- το βολτόμετρο. Υπολογίζουμε την αντίσταση από τη γνωστή σχέση:

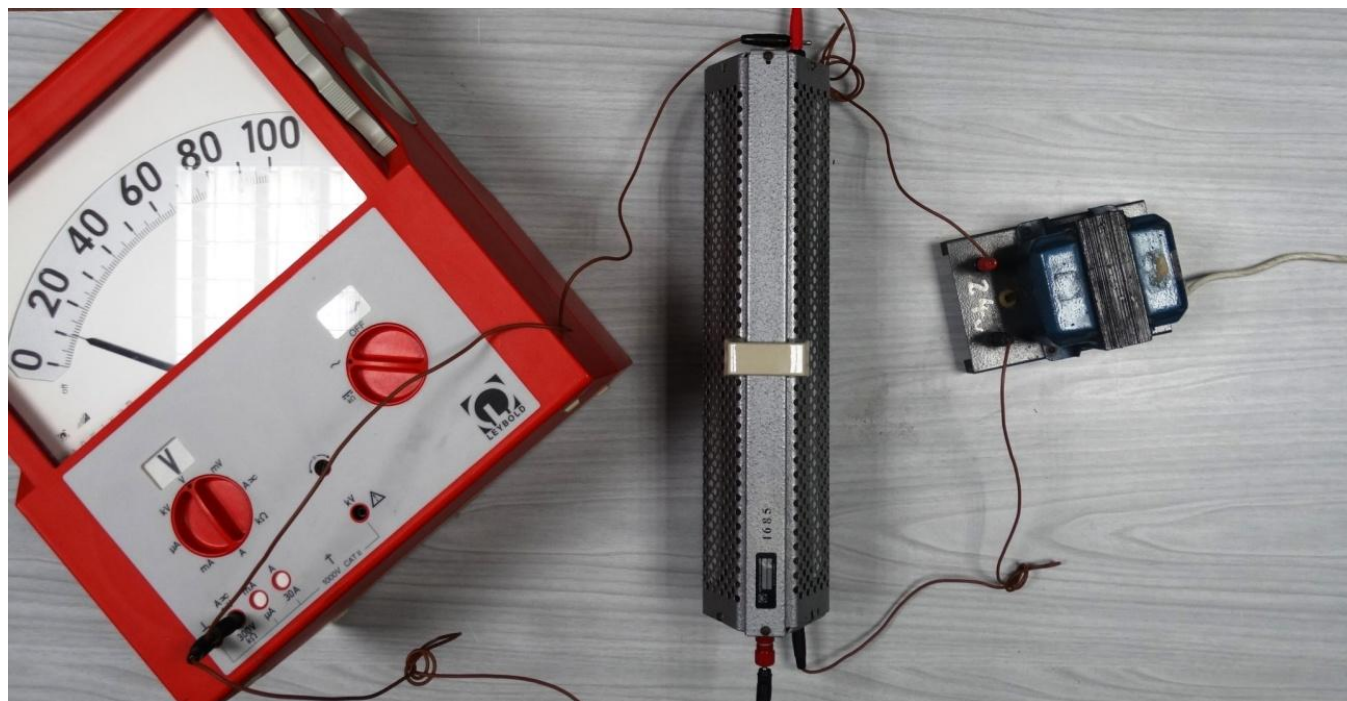
$$R = \frac{V}{i}$$



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Μια ρυθμιστική αντίσταση μπορεί να συνδεθεί στο κύκλωμα:

- ❖ Ως ρυθμιστής ρεύματος (σε σειρά), ή
- ❖ Ως καταμεριστής Τάσης (ποτενσιομετρικά)



ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

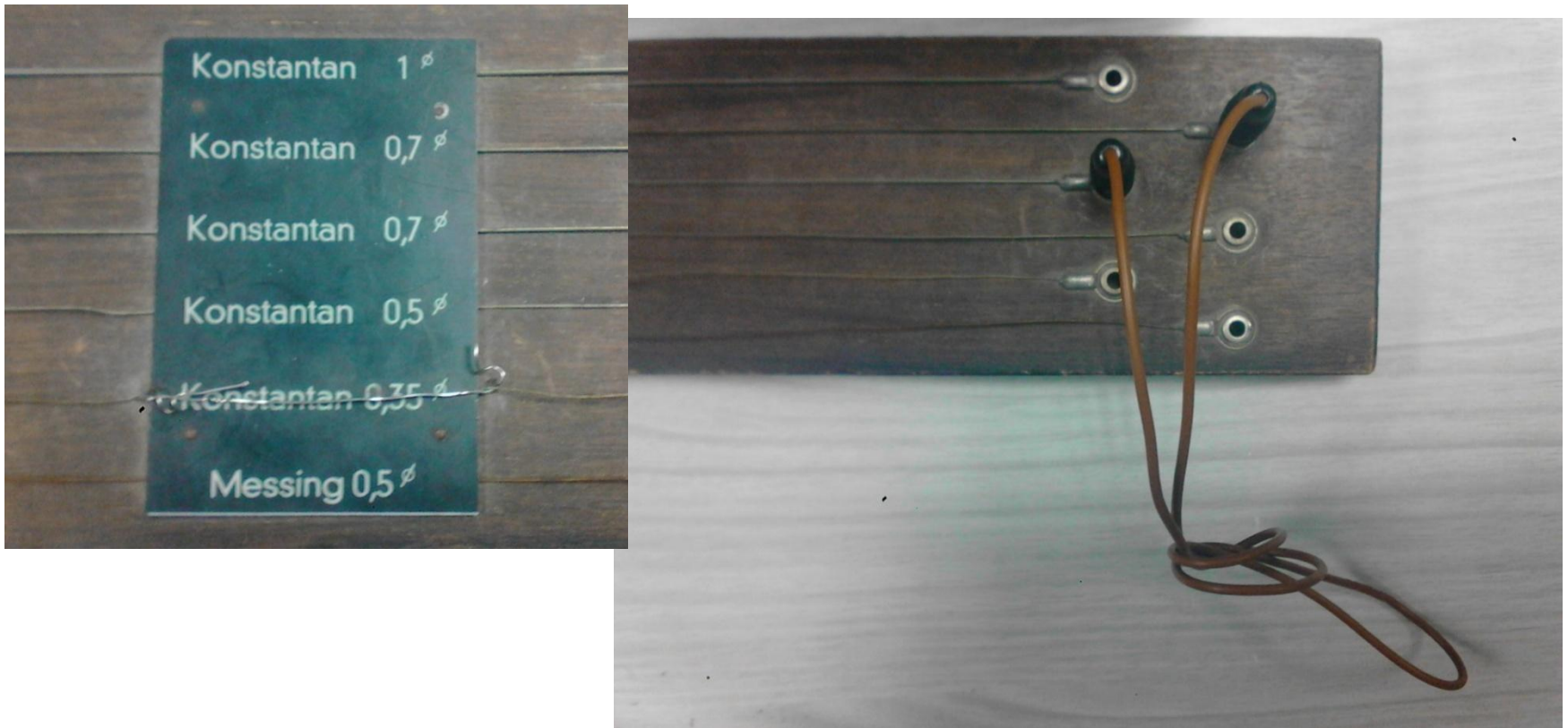
❖ Εξάρτηση Αντίστασης από τη Διατομή και το Μήκος Αγωγού

$$R = \rho \frac{l}{S}$$



ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

❖ Για διπλάσιο μήκος αγωγού, βραχυκυκλώνουμε τα άκρα δύο ίδιων αγωγών:



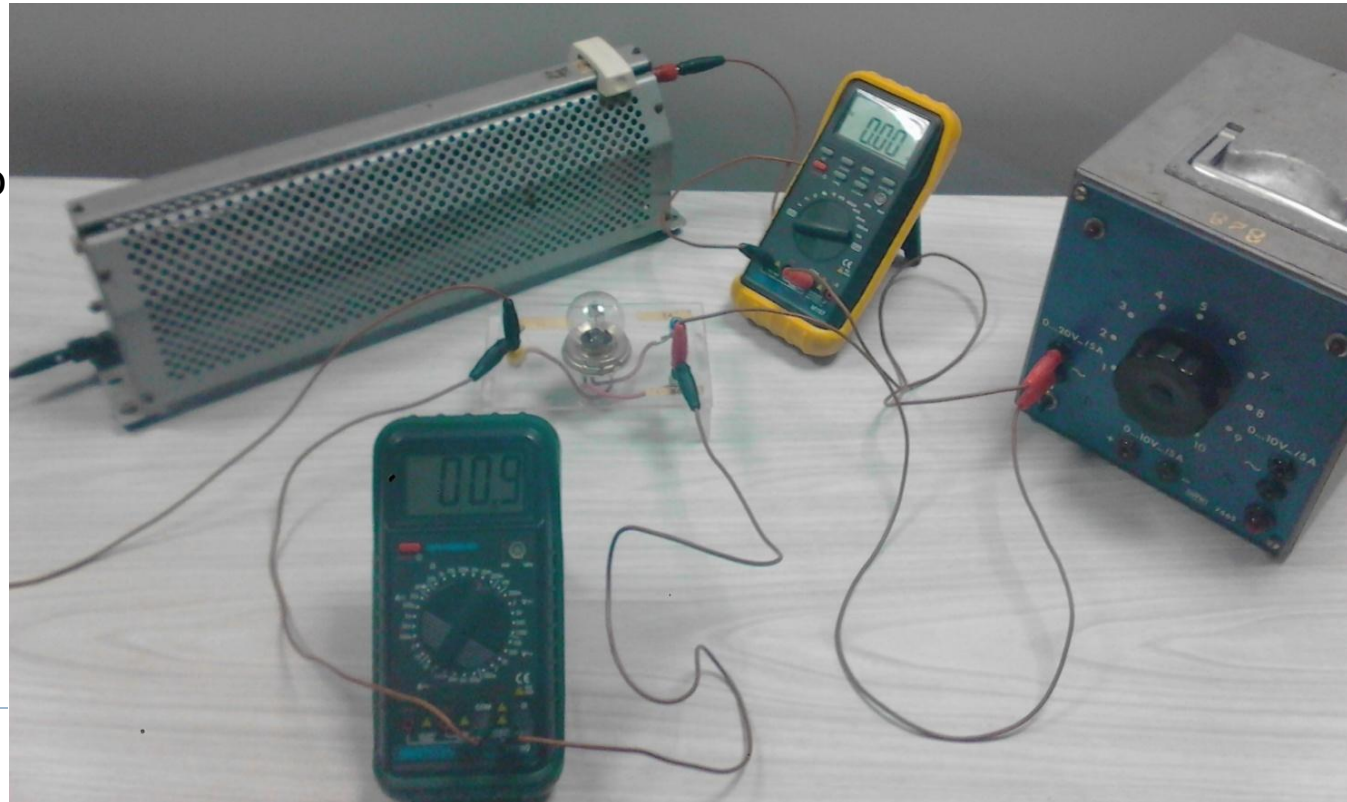
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

❖ Εξάρτηση Αντίστασης από τη Θερμοκρασία

$$R = R_0(1 + \alpha\theta)$$

Λαμβάνουμε τις τιμές (I,V) για δυο διαφορετικές θέσεις της ρυθμιστικής αντίστασης:

Παρατηρούμε ότι καθώς αυξάνεται το ρεύμα I, το πηλίκο V/I αυξάνεται, γεγονός που δείχνει ότι αυξάνεται η αντίσταση του λαμπτήρα λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του!



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι:

- 1) Θερμικά
- 2) Μαγνητικά
- 3) Χημικά



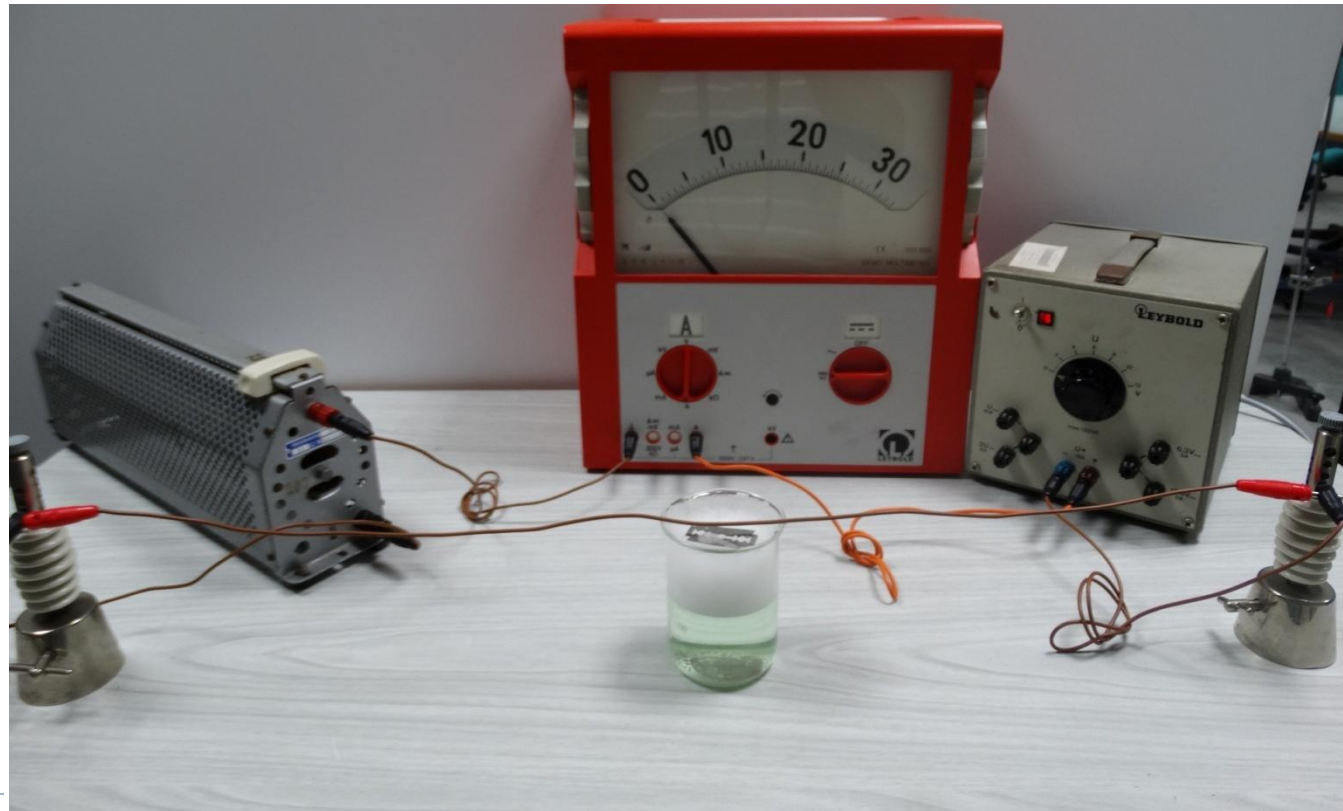
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ

Μαγνητικά αποτελέσματα:

Πείραμα του Oersted

Πλησιάζω σε ρευματοφόρο αγωγό, μια πυξίδα ή ένα μαγνητισμένο ξυραφάκι που πλέει σε σαπουνόνερο και παρατηρώ την εκτροπή τους!

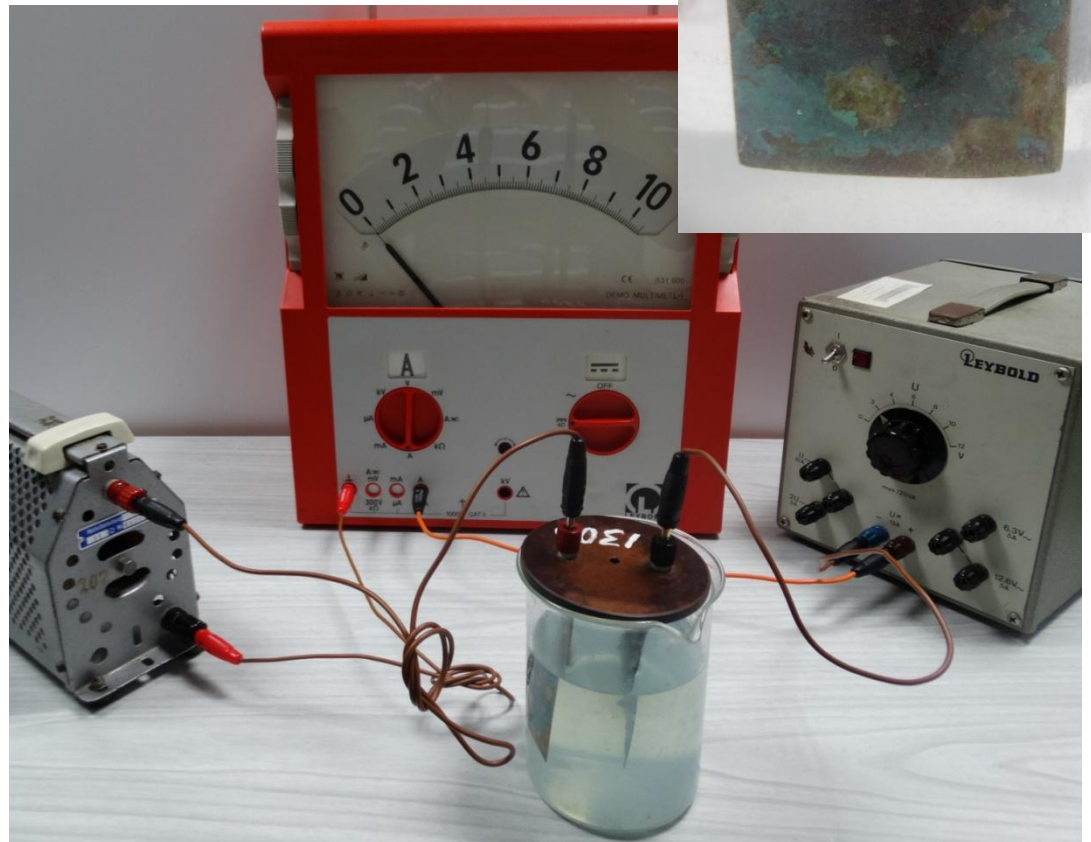
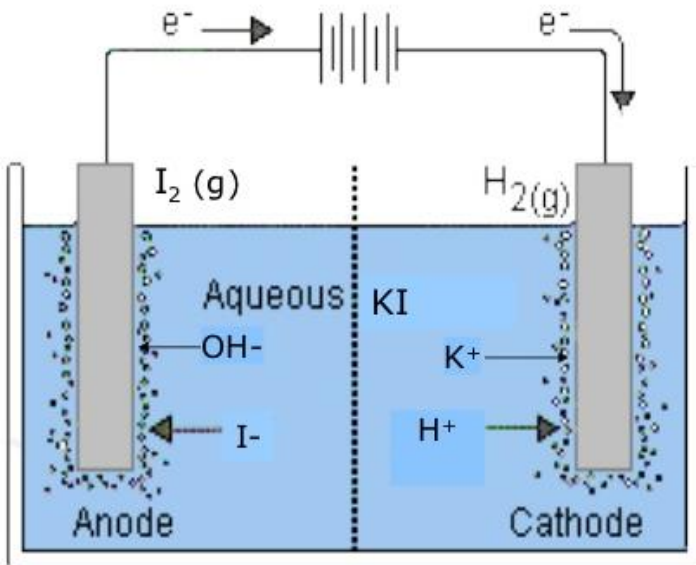


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ:

ΧΗΜΙΚΑ:

Ηλεκτρόλυση Διαλύματος Άλατος Ιωδιούχου Καλίου

❖ Παρατηρούμε τις φυσαλίδες που δημιουργούνται στα ηλεκτρόδια



Σημείωση: αν αντί για διάλυμα KI, χρησιμοποιηθεί πολύ «καθαρό» νερό (χωρίς άλατα) τότε παρατηρούμε ότι το κύκλωμα ΔΕΝ διαρρέεται από ρεύμα!

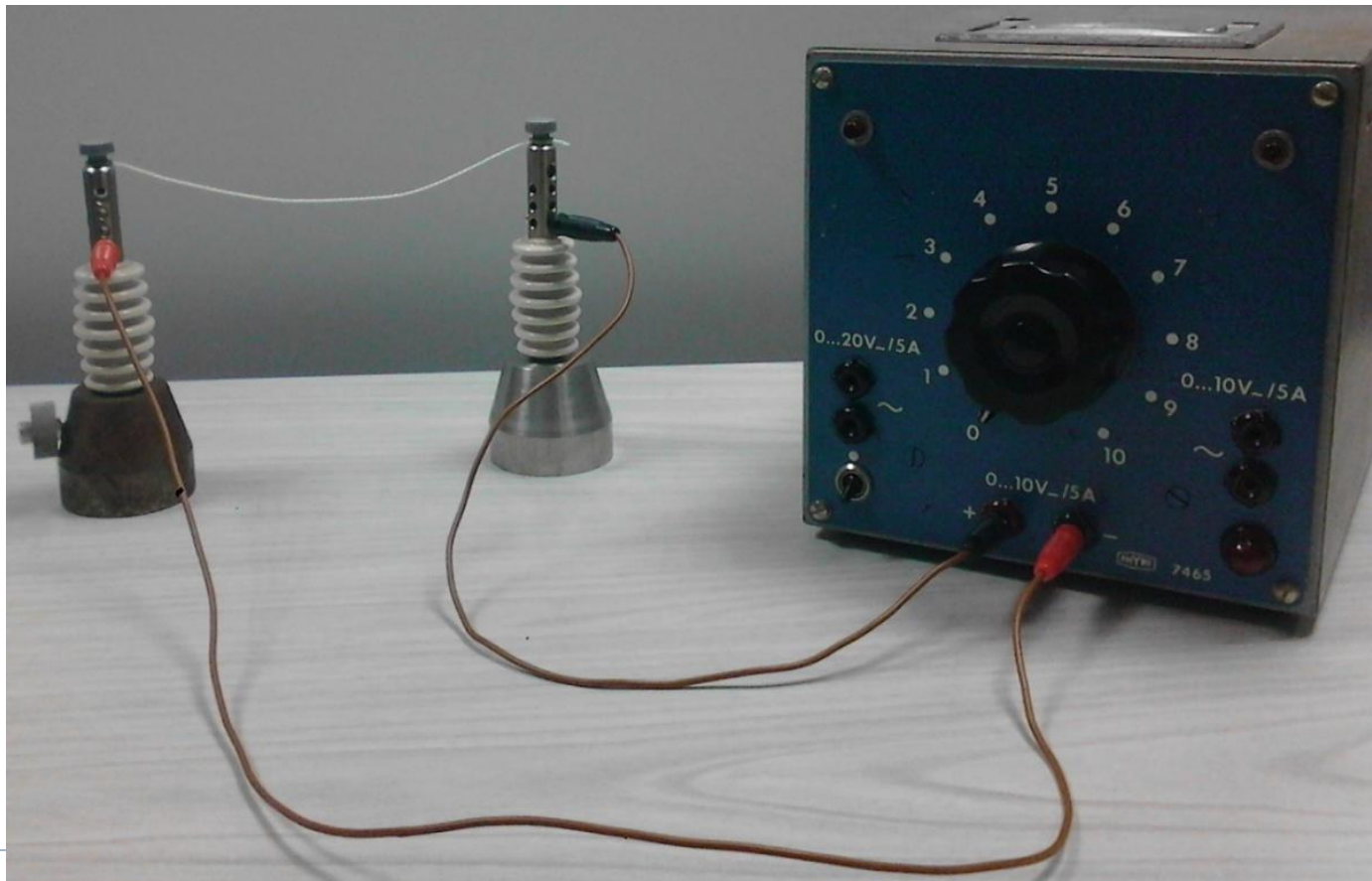
ΑΣΦΑΛΕΙΑ

❖ Σε δύο μονωτήρες στερεώνουμε ένα πολύ λεπτό σύρμα χαλκού. Μετακινώντας τον δρομέα της ρυθμιστικής αντίστασης, παρατηρούμε ότι το σύρμα ερυθροπυρώνεται και τελικά κόβεται!



ΑΣΦΑΛΕΙΑ - ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ

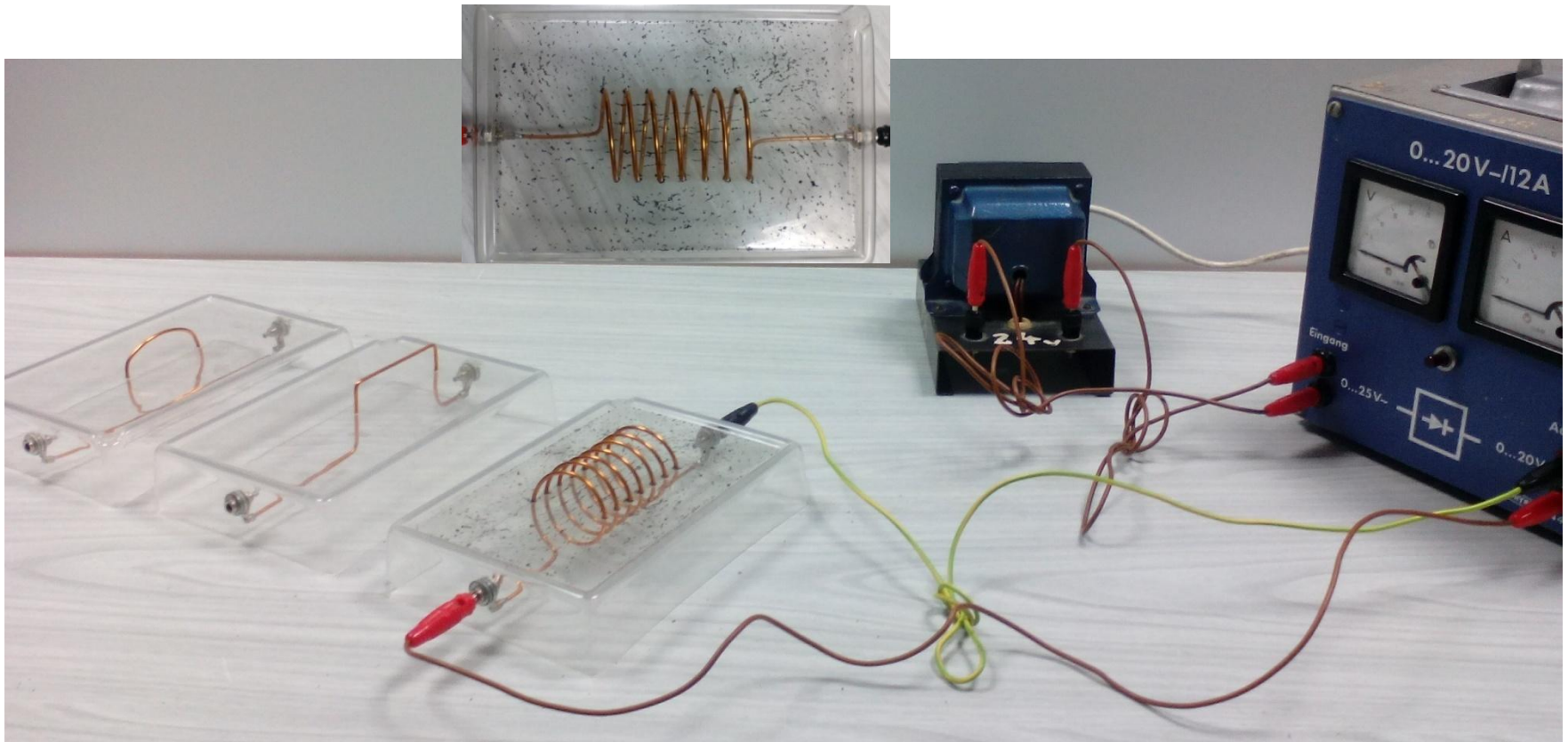
Εάν αποσυνδέσουμε τη ρυθμιστική αντίσταση από το κύκλωμα μας τότε με την απότομη διέλευση μεγάλου ρεύματος από το κύκλωμα, το σύρμα ερυθροπυρώνεται και κόβεται κατευθείαν (Βραχυκύκλωμα)!



ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1:

- ❖ Προσέχουμε να μην πέσουν υπερβολικά πολλά ρινίσματα στις επιφάνειες
- ❖ Απαιτείται μεγάλο ρεύμα DC, οπότε στο εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε η διάταξη: ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ 24V – ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ και ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ.
- ❖ Αφού τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα, χτυπάμε ελαφρά με το δάχτυλο τις επιφάνειες, για να κατανεμηθούν καλύτερα τα ρινίσματα.



ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου πάνω σε χαρτί, κάτω από το οποίο έχουμε τοποθετήσει έναν μαγνήτη!

ΠΕΙΡΑΜΑ 3: Τοποθετώντας τον ραβδόμορφο μαγνήτη στο κέντρο της διάταξης, παρατηρούμε ότι οι «μικρές» πυξίδες, οι οποίες αρχικά είχαν τυχαίο προσανατολισμό, προσανατολίζονται!



Πείραμα 2

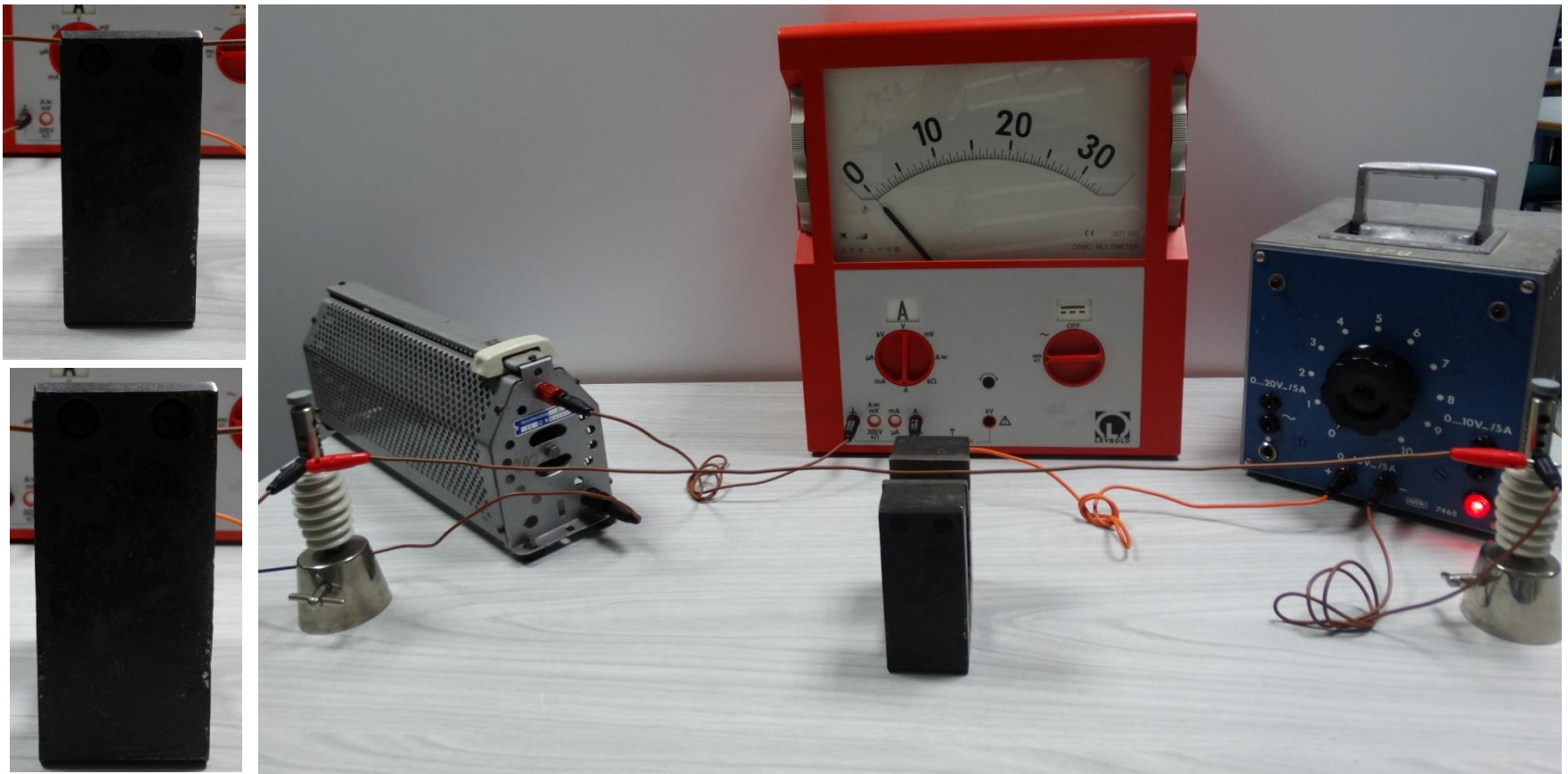


Πείραμα 3

ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE

Ρευματοφόρος Αγωγός σε μαγνητικό πεδίο

- ❖ Τοποθετώντας έναν ρευματοφόρο αγωγό ανάμεσα στους πόλους ενός ισχυρού μαγνήτη, παρατηρούμε ότι (ανάλογα με τη φορά του ρεύματος και την πολικότητα του μαγνητικού πεδίου) ο αγωγός εκτρέπεται προς «τα πάνω» ή προς «τα κάτω»! .



ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE:

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί-

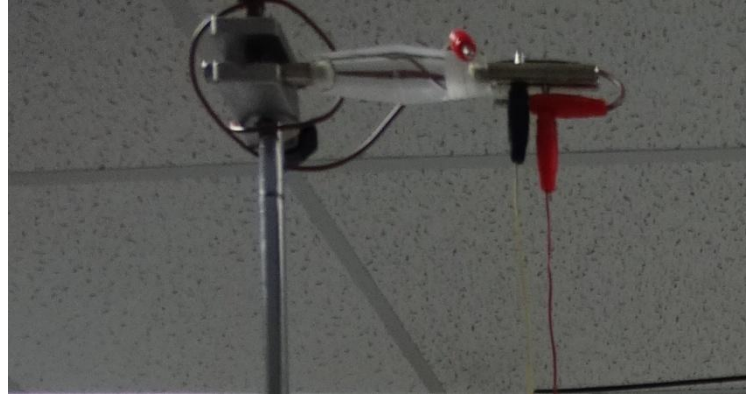
- ❖ Απαιτούνται δύο, μεγάλου μήκους, καλώδια, τα οποία τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο με τη βοήθεια μονωτήρων.
- ❖ Για να είναι εμφανής η έλξη ή η άπωση απαιτείται τροφοδοσία με μεγάλο συνεχές ρεύμα: Στο εργαστήριο χρησιμοποιήσαμε έναν μετασχηματιστή 24V, και έναν ανορθωτή.



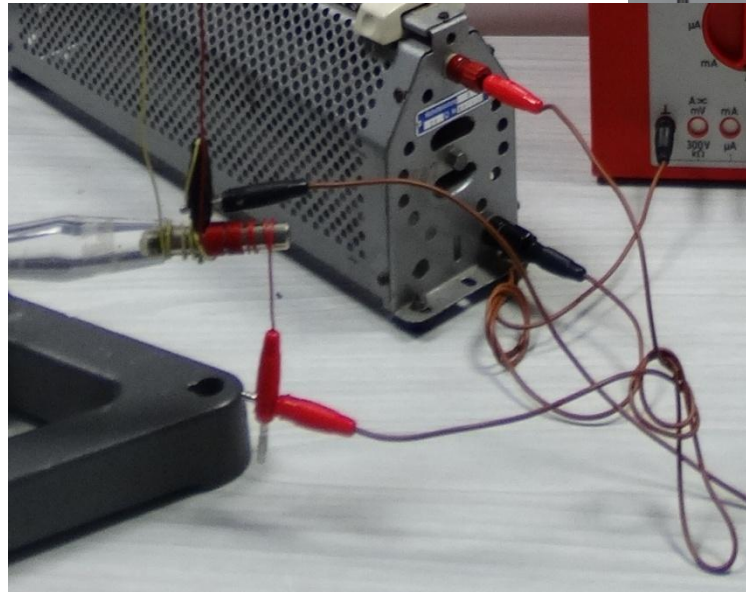
ΔΥΝΑΜΗ ΛΑΡΛΑΣΕ:

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

❖ Για να πετύχουμε **αντίρροπα** ρεύματα, συνδέουμε τους αγωγούς σε σειρά όπως φαίνεται στο σχήμα

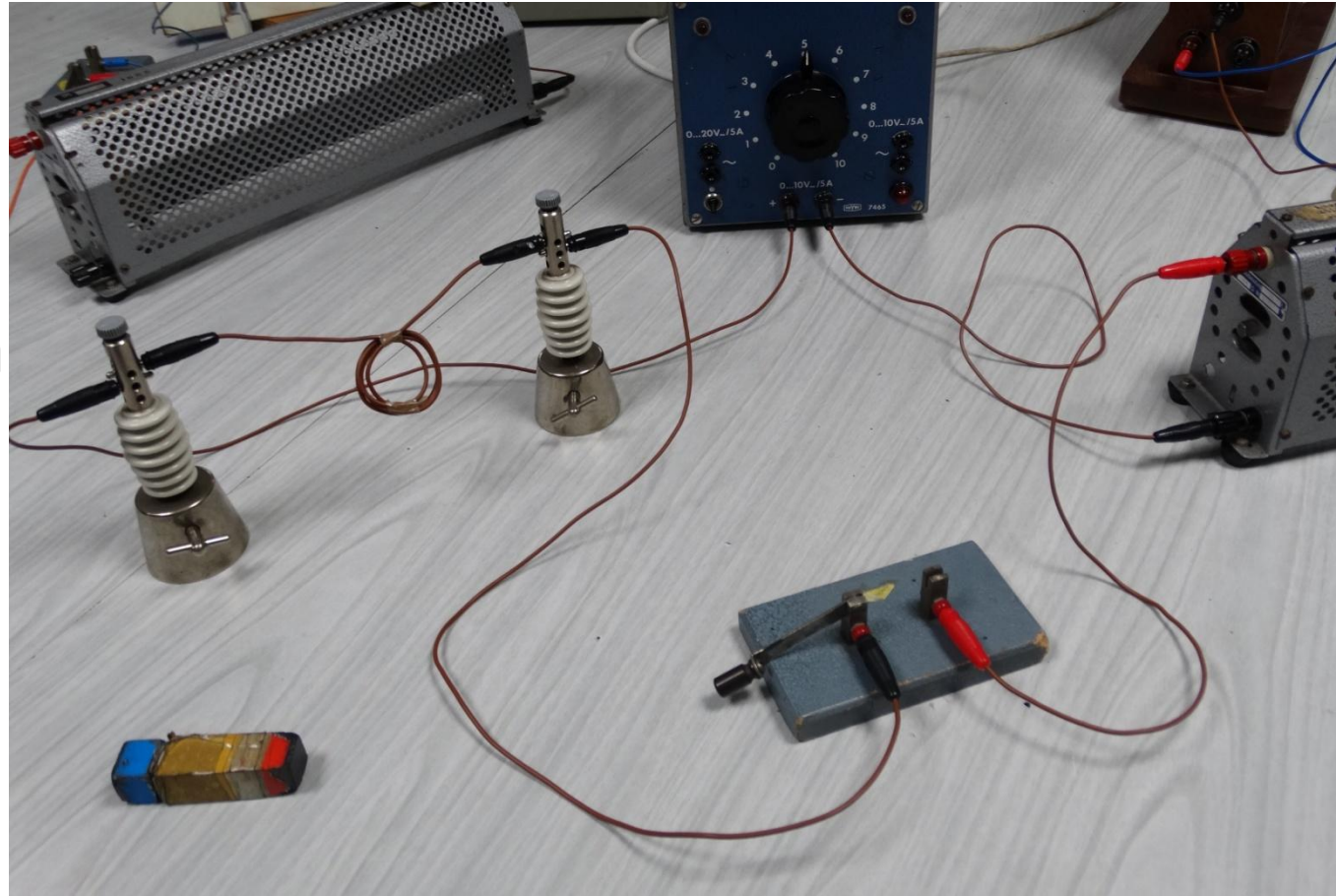


❖ Για να πετύχουμε **ομόρροπα** ρεύματα, συνδέουμε τους αγωγούς παράλληλα.



ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΠΗΝΙΟΥ-ΜΑΓΝΗΤΗ

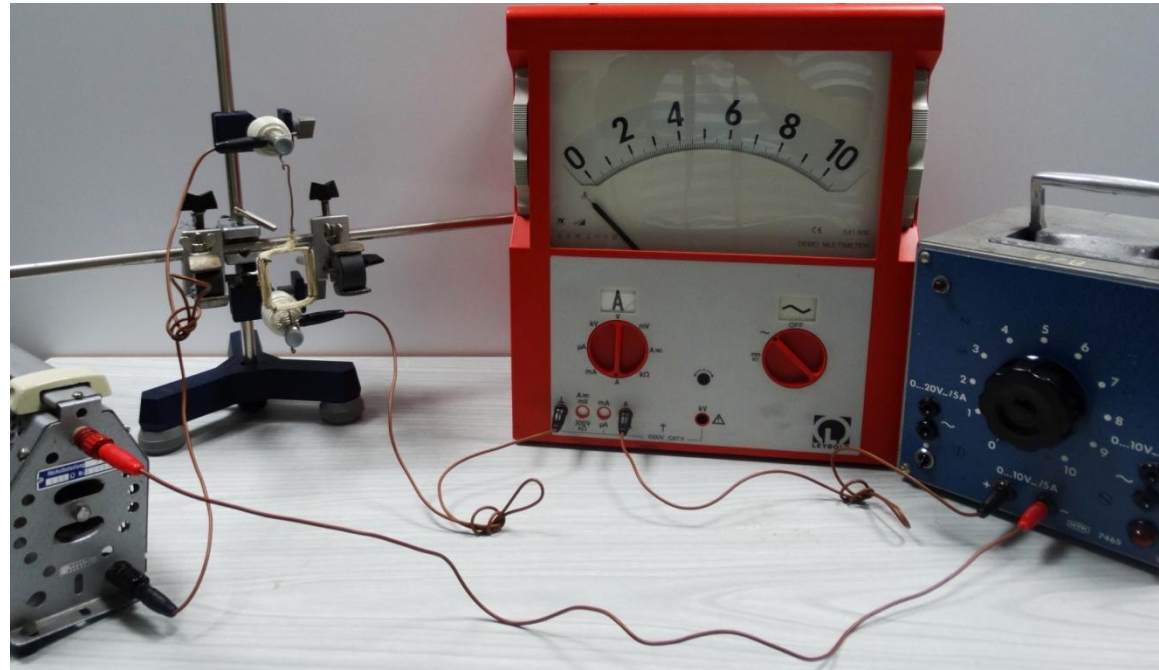
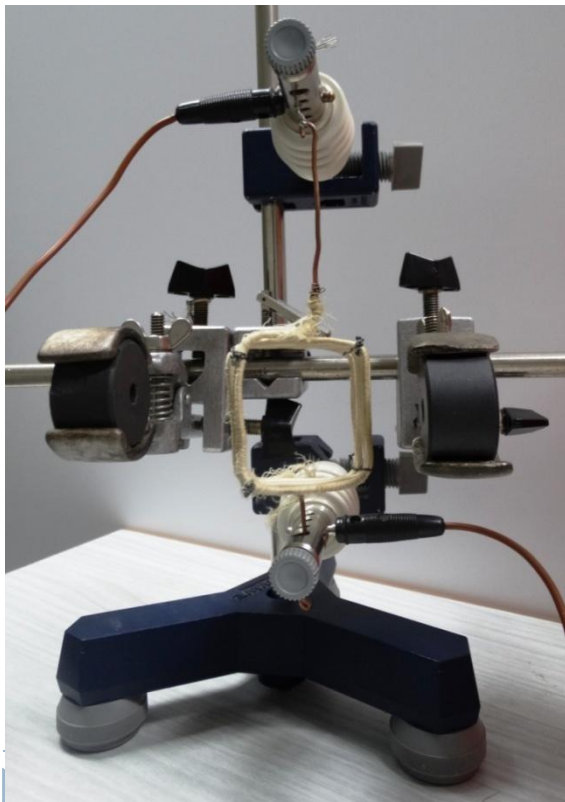
❖ Πλησιάζοντας έναν ραβδόμορφο μαγνήτη στο κέντρο πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα, παρατηρώ (ανάλογα με τη φορά του ρεύματος και ανάλογα με τον πόλο του μαγνήτη που πλησιάζω) έλξη ή άπωση – όπως γίνεται όταν πλησιάζω όμοιους ή αντίθετους πόλους δύο μαγνητών!



ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Πλαίσιο σε μαγνητικό πεδίο

Παρατηρούμε στροφή του πλαισίου που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, όταν διαρρέεται από ρεύμα.



Παρατήρηση:

1. Για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου, οι μαγνήτες πρέπει να τοποθετηθούν, ο ένας απέναντι στον άλλο, ώστε να έλκονται!
2. Το πλαίσιο τοποθετείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, έτσι ώστε η επιφάνεια του να μην είναι κάθετη στις γραμμές του μαγνητικού πεδίου, αλλά να σχηματίζει κάποια γωνία!

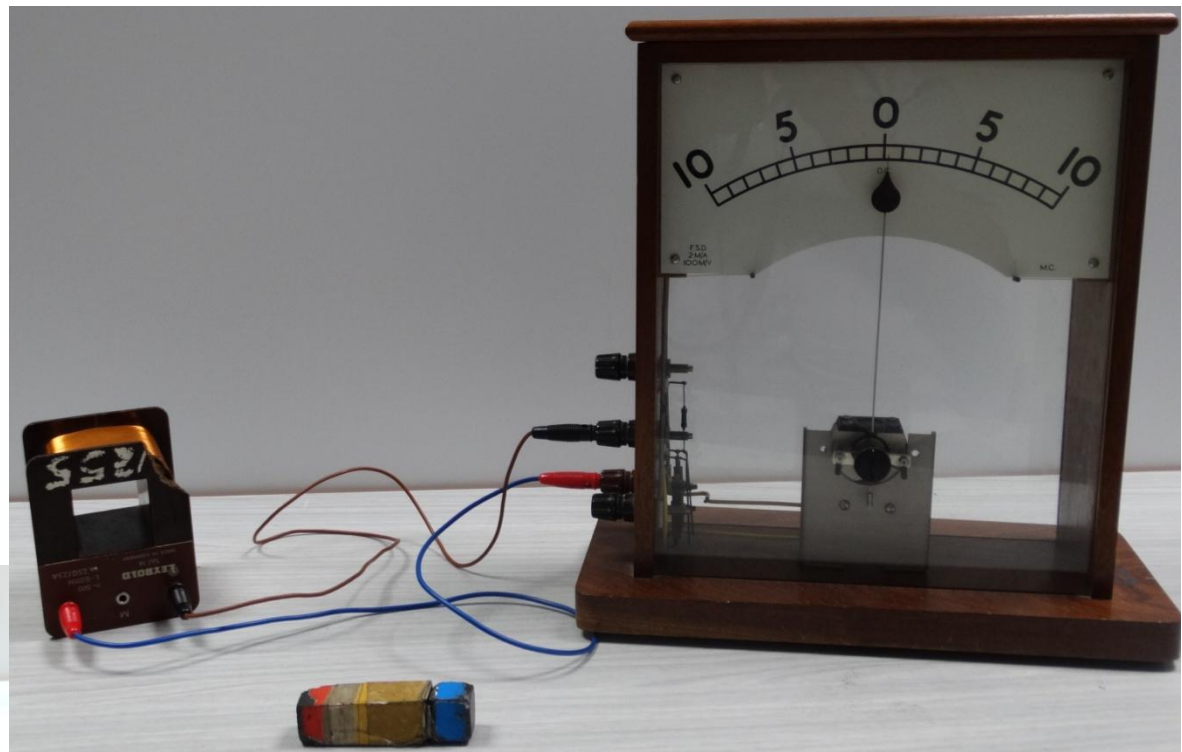
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ FARADAY

❖ Το “-” δικαιολογείται από τον κανόνα του Lenz.

$$E_{\text{επαγόμενο}} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Πείραμα 1^ο: Μετακινώντας τον μαγνήτη μέσα-έξω από το πηνίο, παρατηρούμε ρεύμα στο Αμπερόμετρο! Η φορά του ρεύματος αλλάζει ανάλογα με το αν πλησιάζω ή απομακρύνω τον μαγνήτη από το πηνίο!



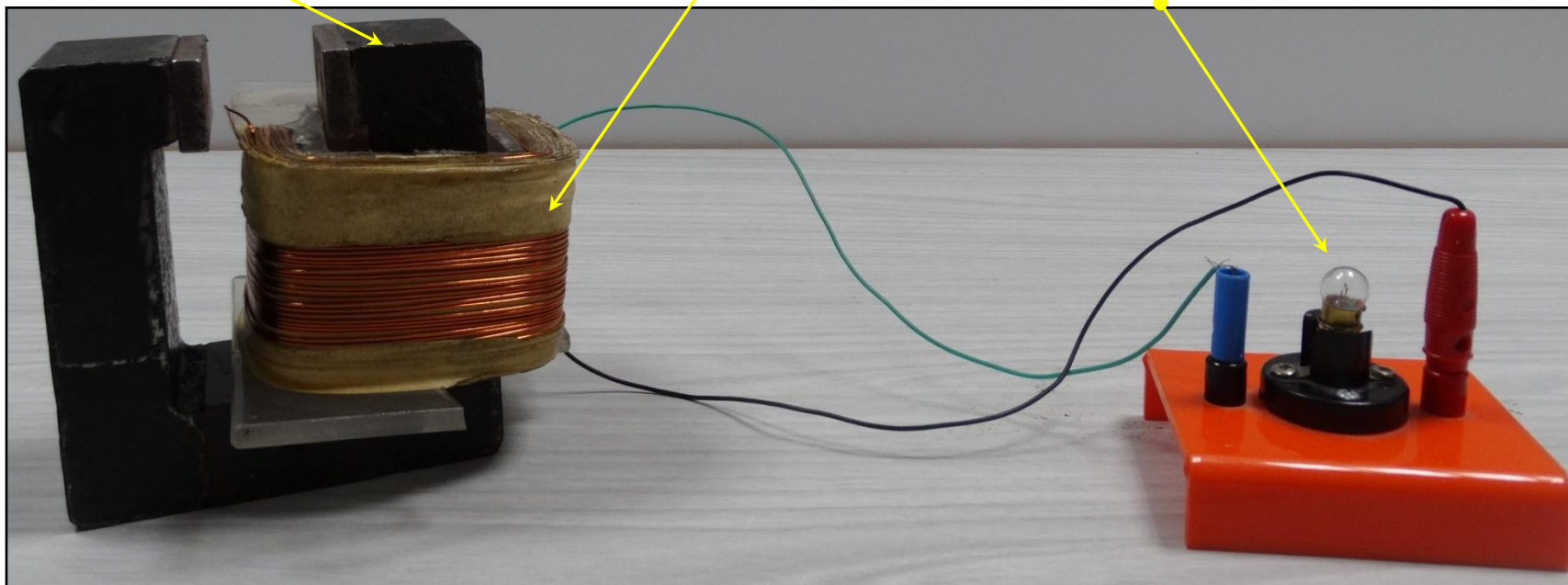
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Πείραμα 2^ο: Μετακινώντας γρήγορα πάνω-κάτω το πηνίο στον ισχυρό μαγνήτη παρατηρούμε ότι ο λαμπτήρας φωτοβολεί!

Ισχυρός μαγνήτης

Πηνίο

Λαμπτήρας



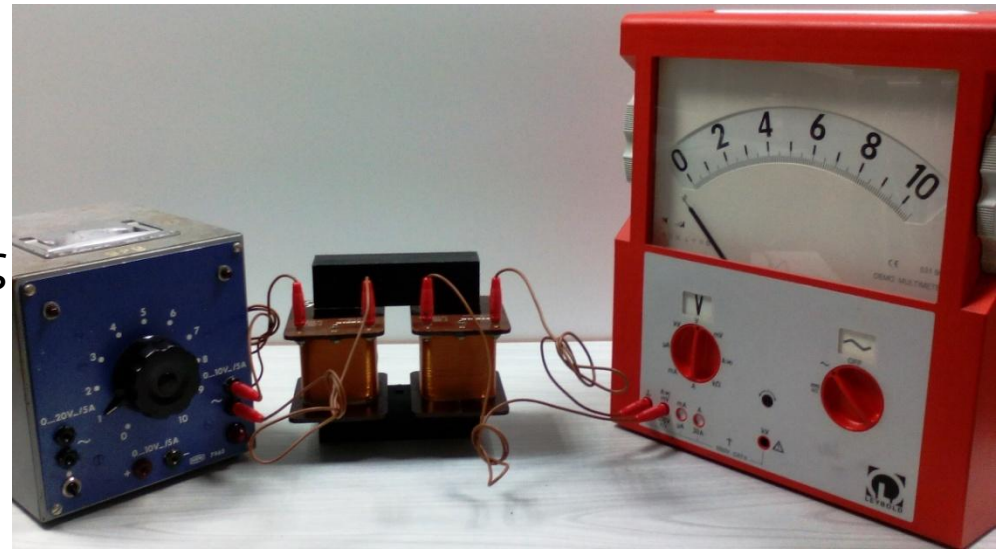
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Πείραμα 3^ο:

ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΕΠΑΓΩΓΗ

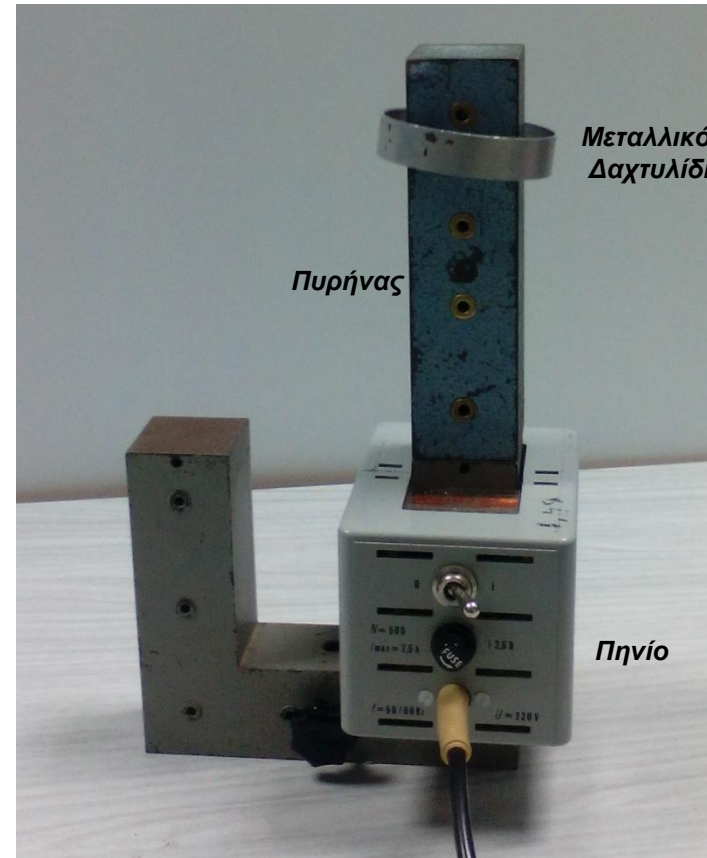
❖ Δύο πηνία βρίσκονται σε μαγνητική σύζευξη: Η εφαρμογή εναλλασσόμενης τάσης στο ένα πηνίο, δημιουργεί - λόγω σύζευξης - μεταβολή της μαγνητικής ροής και στο άλλο πηνίο, με αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσεως από επαγωγή!

❖ Βέλτιστη σύζευξη με πυρήνα σιδηρομαγνητικού υλικού (μαλακού σιδήρου)



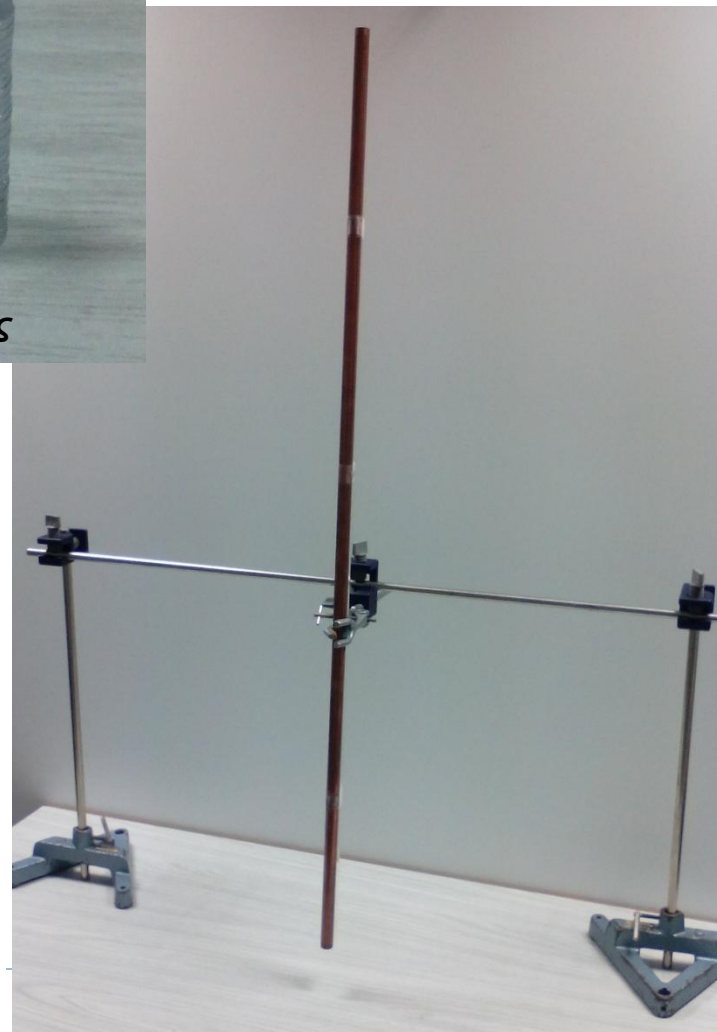
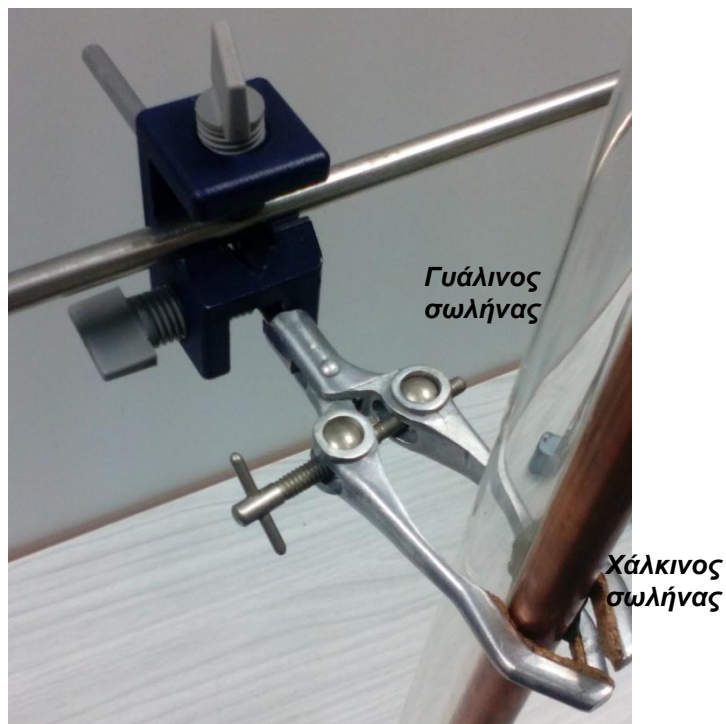
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΠΑΓΩΓΗΣ- ΚΑΝΟΝΑΣ LENZ: ΤΟ ΔΑΧΤΥΛΙΔΙ ΠΟΥ ΠΕΤΑΓΕΤΑΙ

❖ Όταν διέρχεται ρεύμα από το πηνίο, το δαχτυλίδι «πετάγεται»!

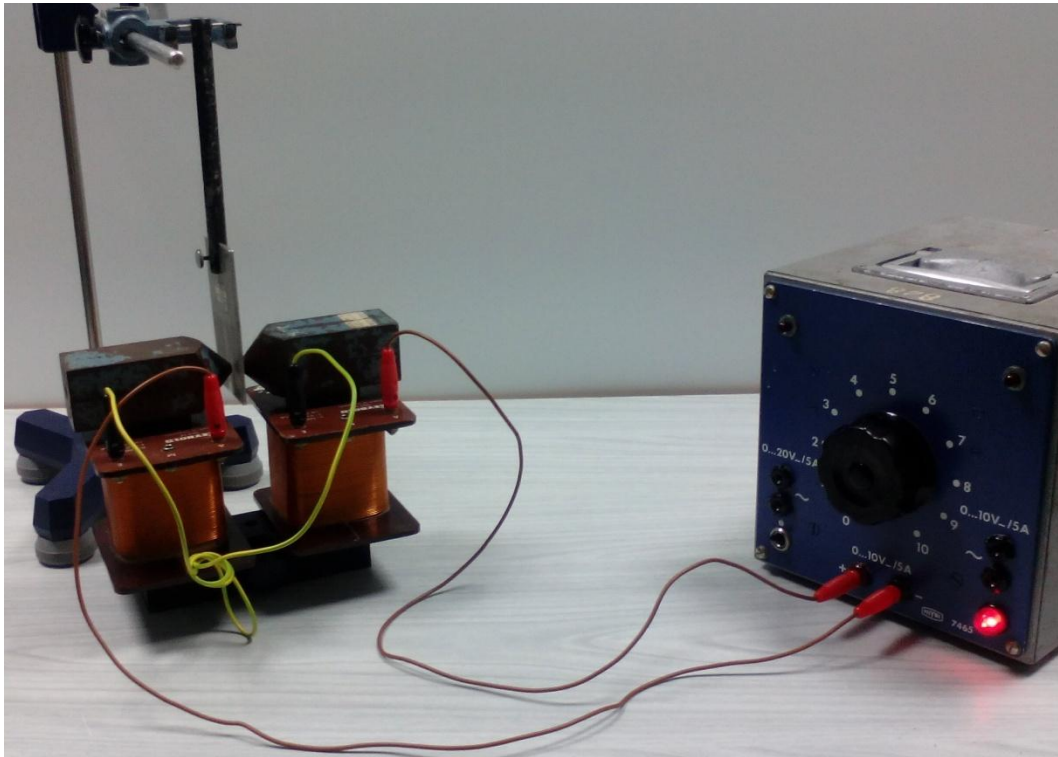


ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΠΑΓΩΓΗΣ- ΚΑΝΟΝΑΣ LENZ

❖ Παρατηρούμε ότι οι μαγνήτες πέφτουν πιο γρήγορα στον γυάλινο σωλήνα απ'ότι στον χάλκινο!



ΔΙΝΟΡΕΥΜΑΤΑ (ΡΕΥΜΑΤΑ ΦΟΥΚΑΥΛΤ)



Για την επίδειξη των δινορευμάτων με τη βοήθεια μεταλλικού φυσικού εκκρεμούς απαιτείται η κατασκευή **Ηλεκτομαγνήτη:**

- ❖ Δύο ίδια πηνία σε σύζευξη μεταξύ τους, και πηγή DC για την τροφοδοσία του
- ❖ Τα πηνία συνδέονται σε σειρά: Απαιτείται προσοχή στον τρόπο σύνδεσης τους ώστε τα μαγν. πεδία των δύο πηνίων να μην αλληλοαναιρούνται!

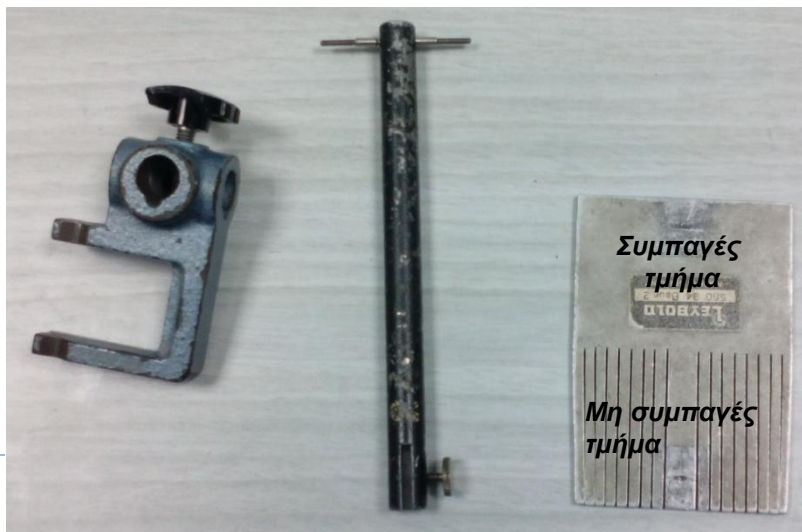


ΔΙΝΟΡΕΥΜΑΤΑ (ΡΕΥΜΑΤΑ FOUCAULT)

❖ Το φυσικό εκκρεμές και ο τρόπος στερέωσής του.

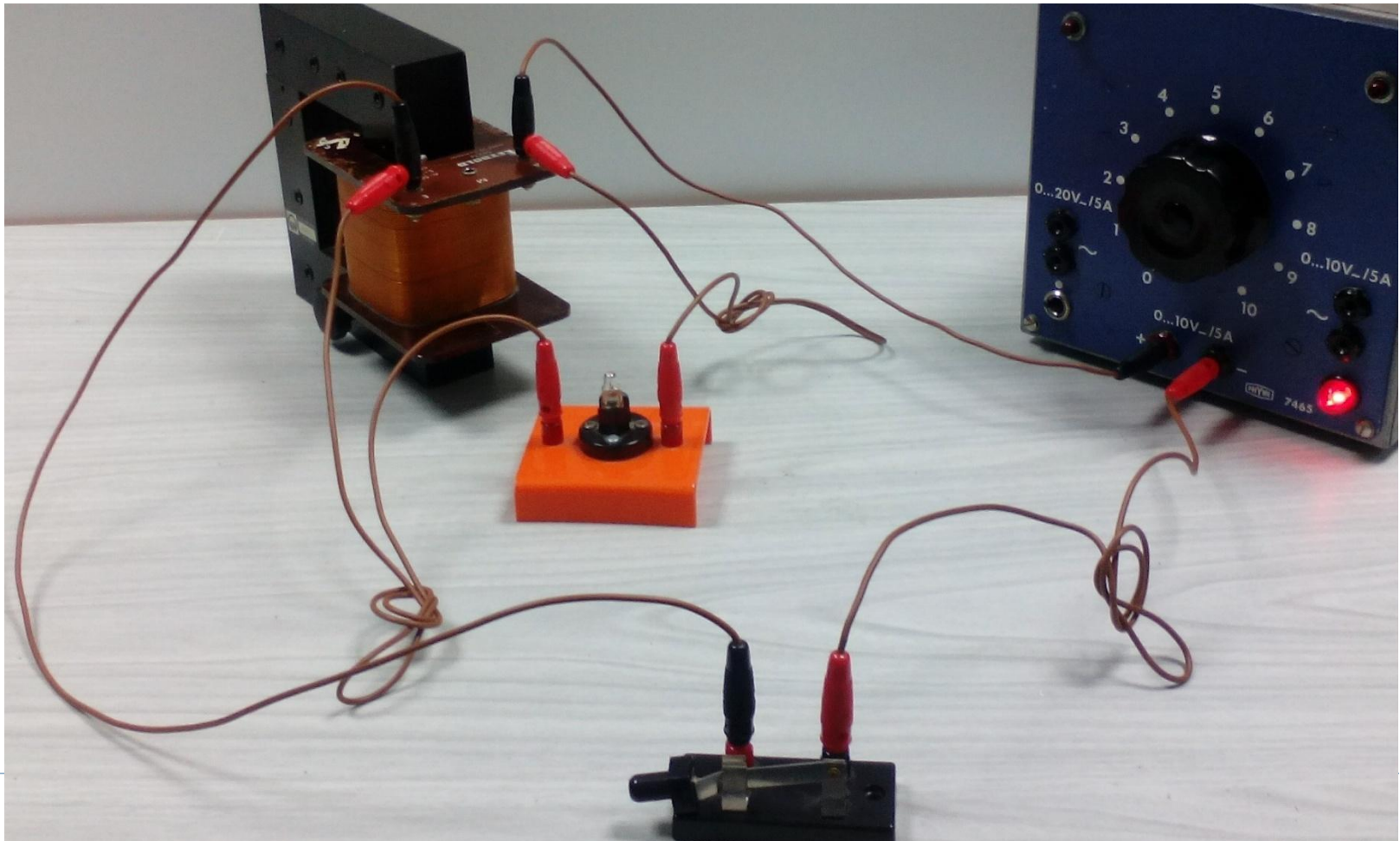
➤ Θέτοντας σε ταλάντωση το εκκρεμές (φροντίζοντας ώστε μέσα στο μαγνητικό πεδίο να βρίσκεται το συμπαγές κομμάτι, παρατηρούμε απόσβεση της ταλάντωσης λόγω της δημιουργίας των δινορευμάτων!

➤ Δεν παρατηρείται σχεδόν καθόλου απόσβεση, όταν μέσα στο μαγνητικό πεδίο ταλαντώνεται το μη συμπαγές κομμάτι, διότι τα παραγόμενα δινορεύματα είναι πολύ μικρά!



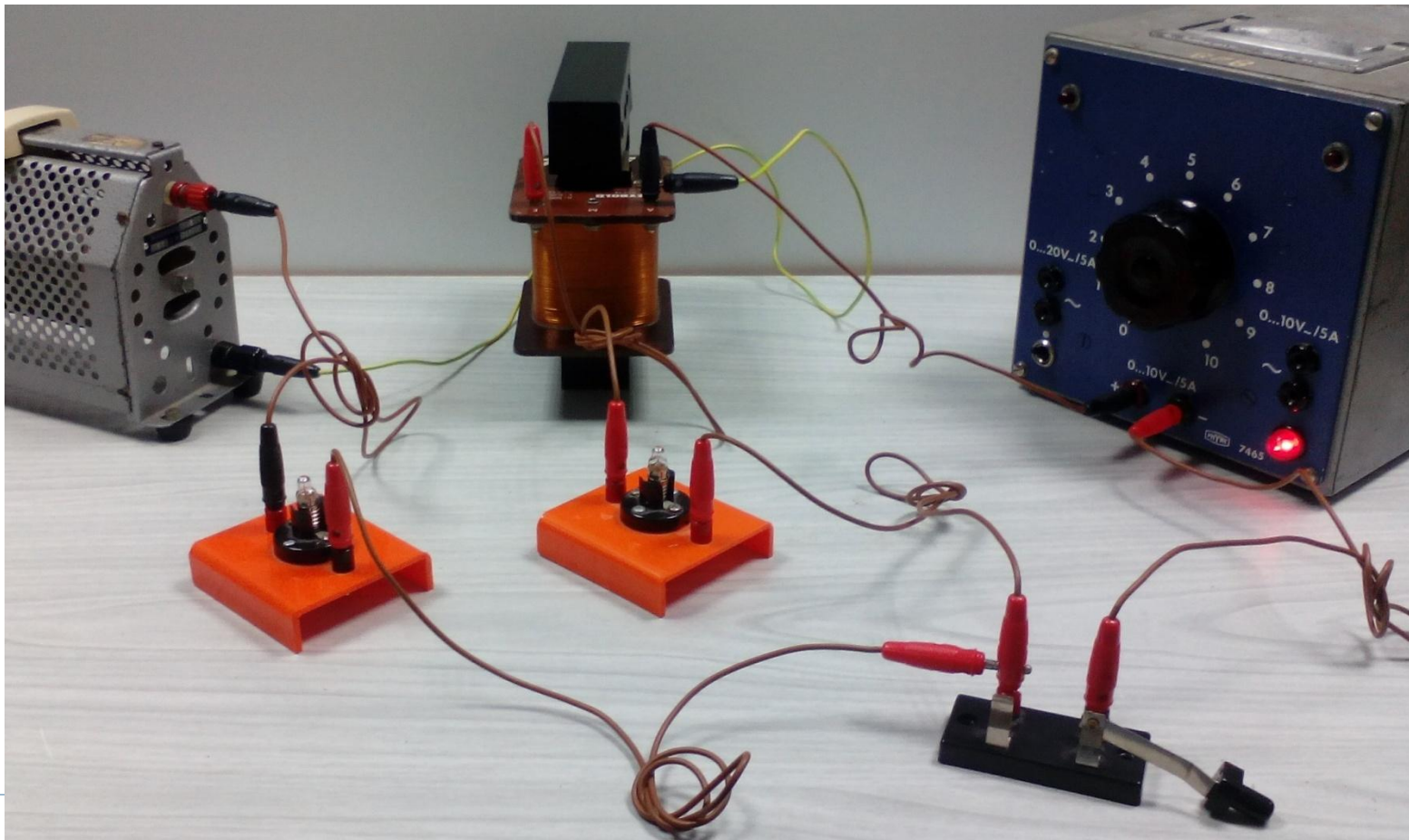
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑ

Πείραμα 1^ο : Στο κύκλωμα της φωτογραφίας, με πηνίο και Λαμπτήρα, θέτοντας τον Διακόπτη από τη θέση ON στη θέση OFF, παρατηρούμε ότι στιγμιαία ο λαμπτήρας φωτοβολεί εντονότερα και μετά σβήνει!



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑ

Πείραμα 2^ο : Στο κύκλωμα της φωτογραφίας, το οποίο αποτελείται από δύο παράλληλους κλάδους (ο ένας με πηνίο και λαμπτήρα και ο άλλος με ρυθμιστική αντίσταση και λαμπτήρα), ρυθμίζοντας ώστε οι δύο λαμπτήρες να φωτοβολούν το ίδιο, παρατηρούνται - λόγω αυτεπαγωγής του πηνίου - διαφορετικοί χρόνοι απόκρισης των λαμπτήρων με το κλείσιμο και το άνοιγμα του διακόπτη!



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΟΥ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΟΥ

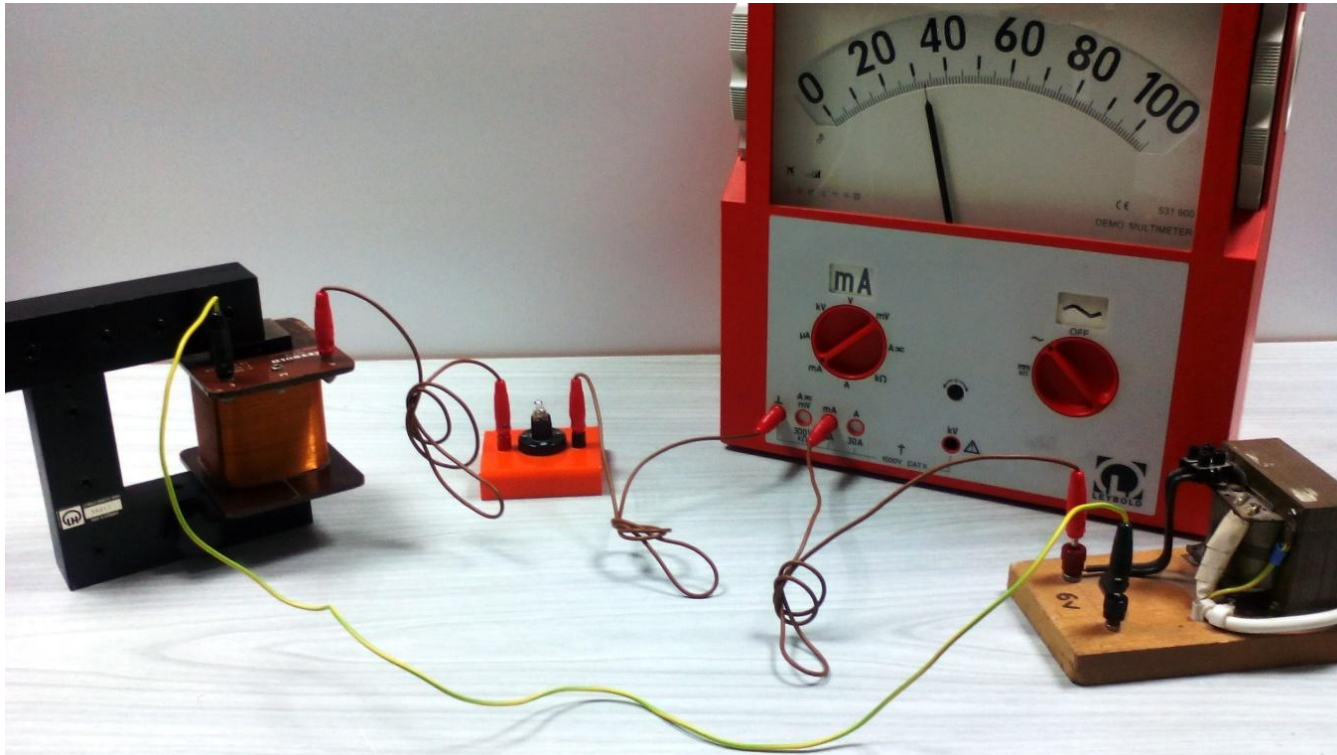
$$L = N * l * \mu * S$$

- ❖ **N**: αριθμός σπειρών ανά μονάδα μήκους του πηνίου
- ❖ **l**: μήκος πηνίου
- ❖ **μ**: μαγνητική διαπερατότητα
- ❖ **S**: διατομή Πηνίου



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΟΥ

- ❖ Μετακινώντας τον πυρήνα ενός πηνίου, μεταβάλλεται ο συντελεστής μαγνητικής διαπερατότητας του πηνίου. Η μεταβολή αυτή εκδηλώνεται ως μεταβολή του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και ως μεταβολή στη φωτοβολία του λαμπτήρα.
- ❖ Η τροφοδοσία γίνεται από μετασχηματιστή 6V.



$$I = V/Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

ΚΥΚΛΩΜΑ R-L-C ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

Πείραμα 1^ο :

- ❖ Σε κύκλωμα R-L-C σε σειρά,
 - με Λαμπτήρας ο οποίος «παίζει τον ρόλο» της αντίστασης R,
 - με πηνίο (με πυρήνα) L, όπως αυτό της προηγούμενης διαφάνειας
 - με έναν ηλεκτρολυτικό πυκνωτή C
 - με ένα αμπερόμετροκαι έναν μετασχηματιστή για την τροφοδοσία του,

Μεταβάλλοντας την αυτεπαγωγή L του πηνίου μετακινώντας τον πυρήνα (όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη διαφάνεια), παρατηρούμε το φαινόμενο του συντονισμού, τόσο στο αμπερόμετρο όσο και στον Λαμπτήρα.

- ❖ **Συντονισμός** παρατηρείται στην τιμή της αυτεπαγωγής **L** για την οποία ισχύει:
 $\omega L = 1/\omega C$, όπου **ω** η συχνότητα του δικτύου!



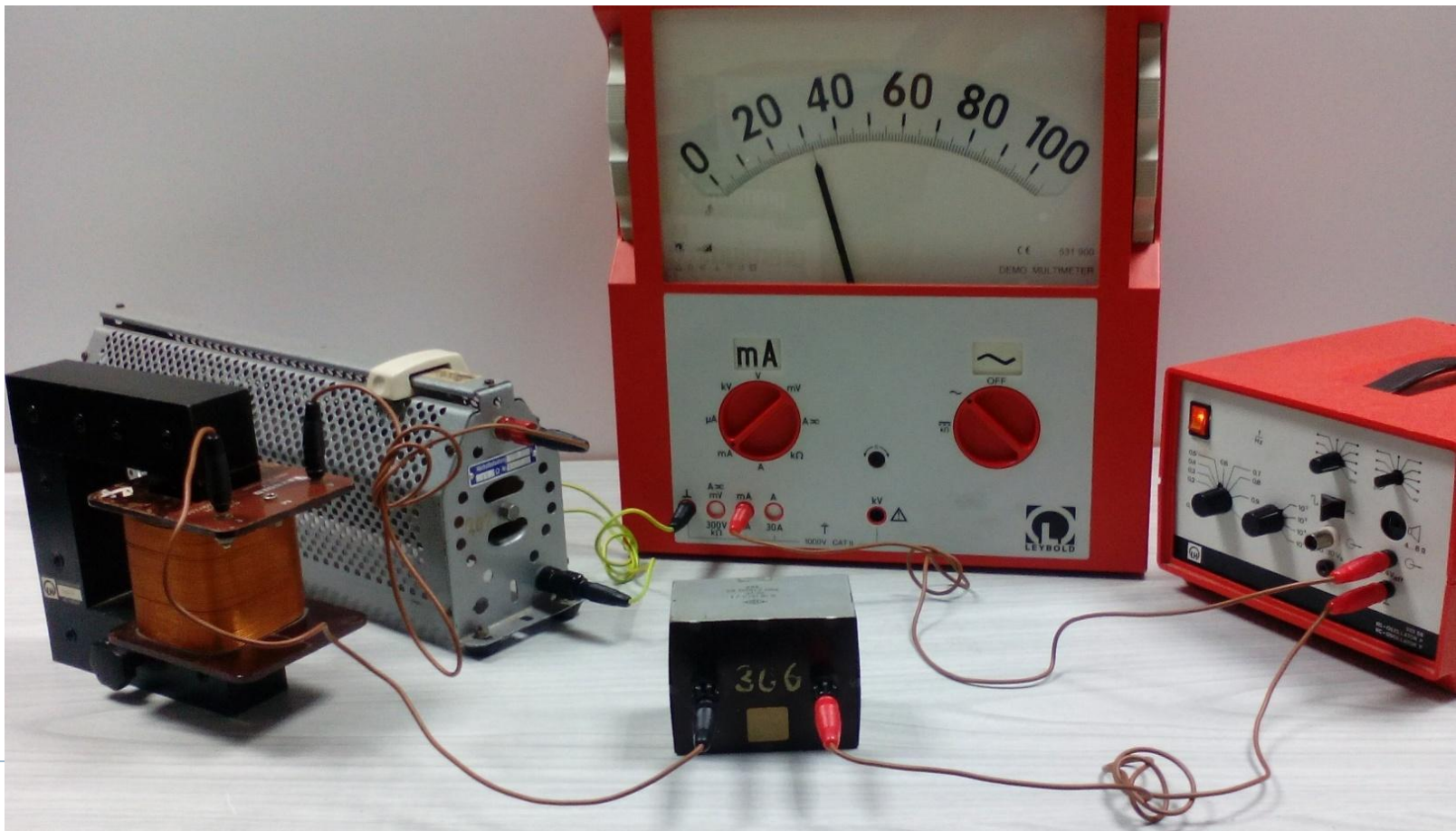
ΚΥΚΛΩΜΑ R-L-C ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

Πείραμα 2^ο :

❖ Σε κύκλωμα R-L-C σε σειρά, χρησιμοποιώντας για την τροφοδοσία του, **γεννήτρια συχνοτήτων**, και μεταβάλλοντας τη συχνότητα παρατηρούμε το φαινόμενο του συντονισμού.

❖ **Συντονισμός** παρατηρείται στη συχνότητα ω όπου: $\omega L = 1/\omega C$!

Παρατήρηση: Στη θέση της (ρυθμιστικής) αντίστασης R της φωτογραφίας, καλύτερα θα είναι να χρησιμοποιηθεί ένας λαμπτήρας!



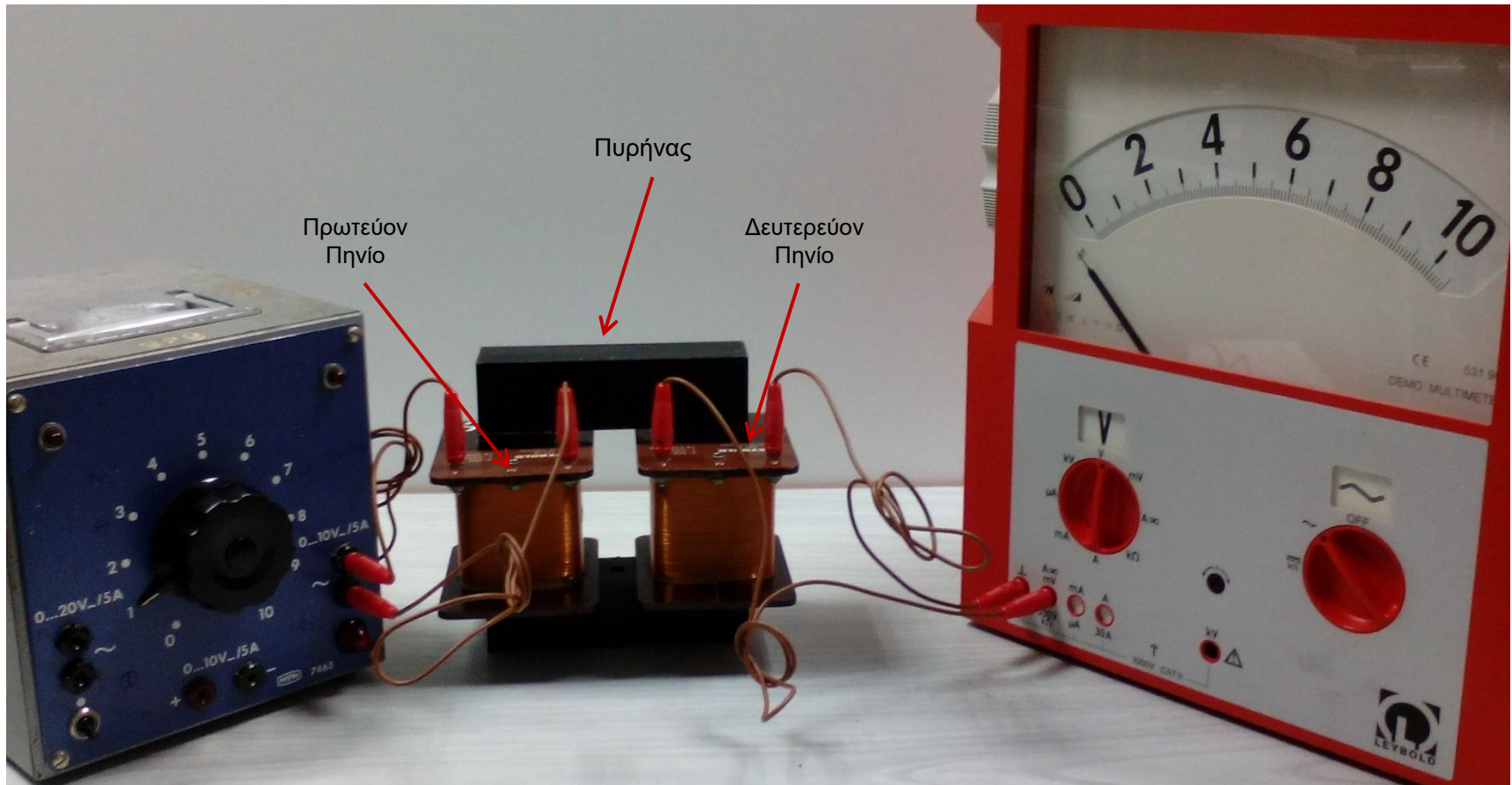
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΑΥΤΙΚΟΙ ΠΥΚΝΩΤΕΣ



ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΠΗΝΙΩΝ



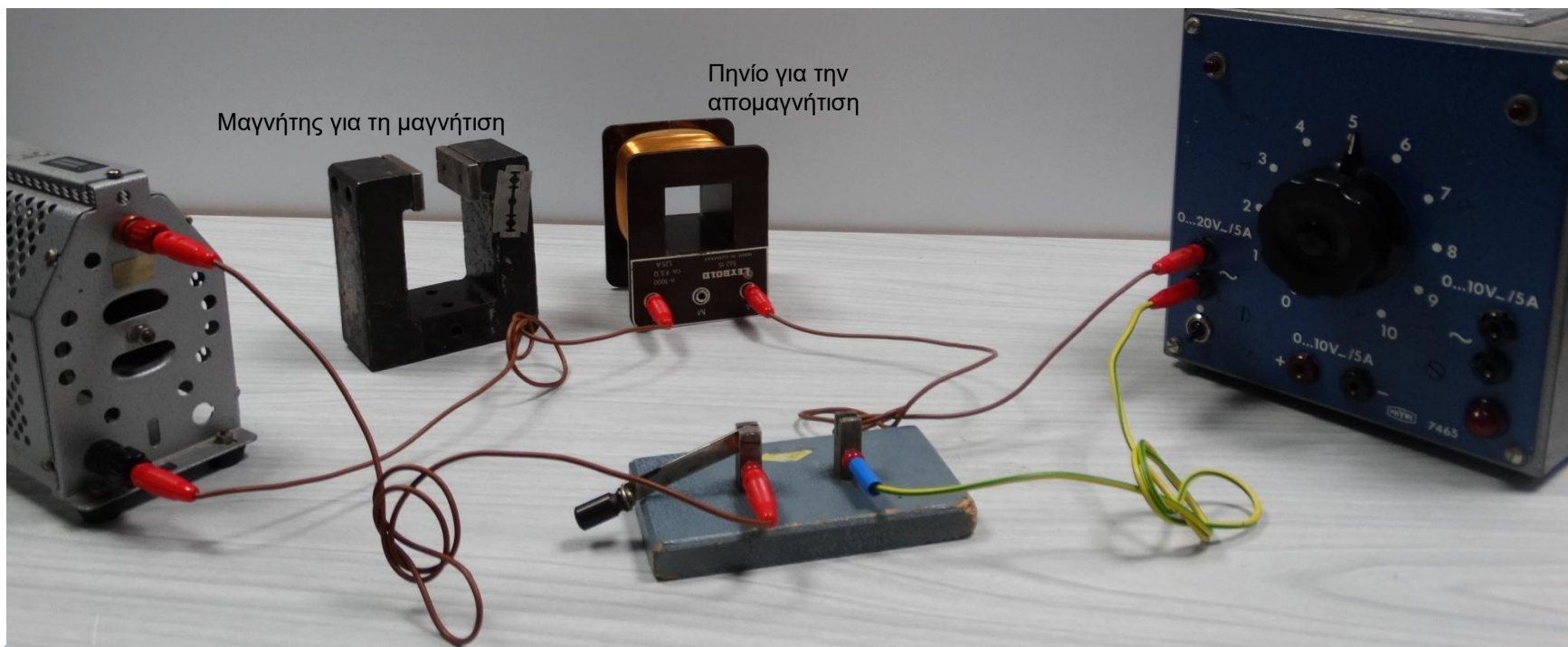
ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ



Η αρχή λειτουργίας του μετασχηματιστή βασίζεται στο φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής!

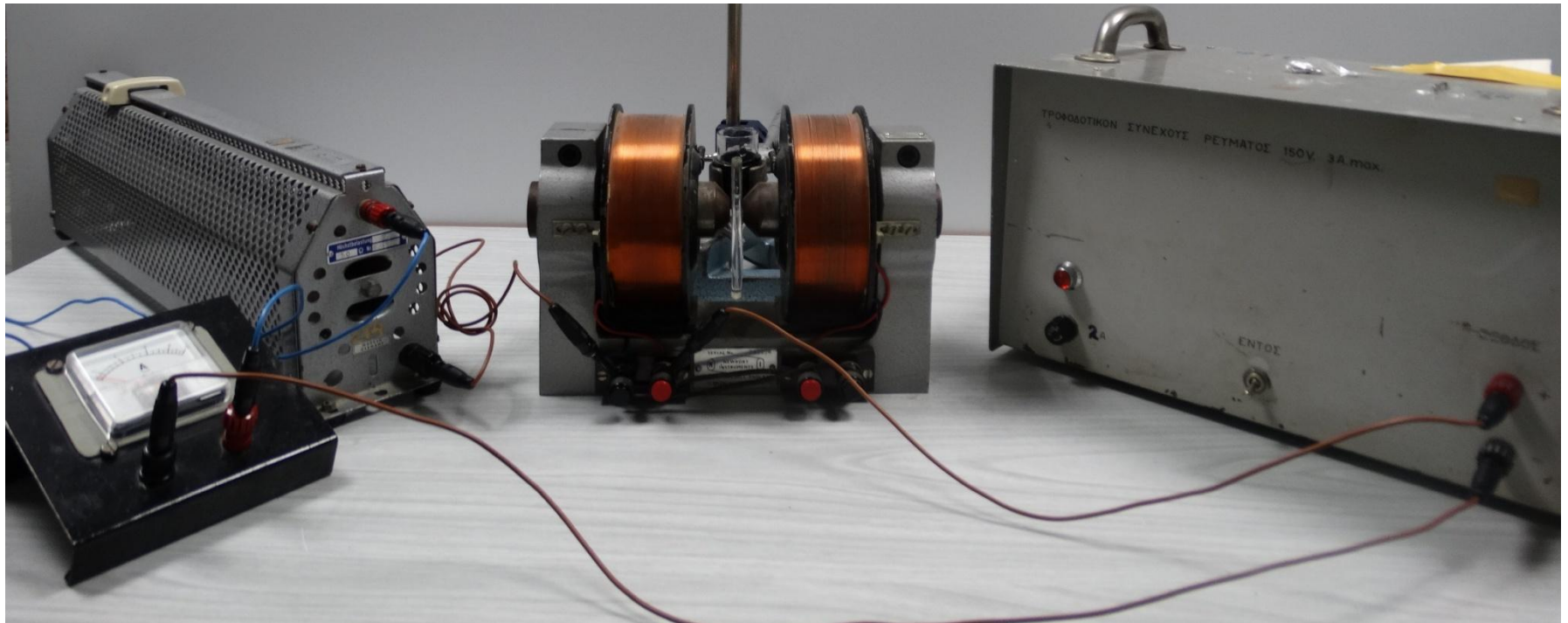
ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ-ΑΠΟΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

- **Μαγνήτιση:** Μαγνητίζουμε π.χ. ένα ξυραφάκι ή ένα καρφί, ακουμπώντας το σε έναν μαγνήτη. Παρατηρούμε ότι το ξυραφάκι ή το καρφί έλκει ρινίσματα σιδήρου!
- **Απομαγνήτιση:** Για την απομαγνήτιση, τοποθετούμε το μαγνητισμένο υλικό στο κέντρο ενός πηνίου το οποίο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα, και αργά-αργά το απομακρύνουμε από το κέντρο του πηνίου. Παρατηρούμε ότι τα ρινίσματα σιδήρου «πέφτουν»! Αν χρειασθεί επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία.



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΔΙΑΛΥΜΑ ΠΑΡΑΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΑΛΑΤΟΣ

- ❖ Χρησιμοποιούμε υδατικό διάλυμα $MnSO_4$ (Τα ιόντα Mn^{++} εμφανίζουν παραμαγνητικές ιδιότητες).
- ❖ Για τη δημιουργία του ανομοιογενούς μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούμε ηλεκτρομαγνήτη του οποίου οι πόλοι είναι «κωνικοί»!
- ❖ Παρατηρούμε ότι η στάθμη του διαλύματος θα ανέβει.



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΔΙΑΛΥΜΑ ΠΑΡΑΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΑΛΑΤΟΣ

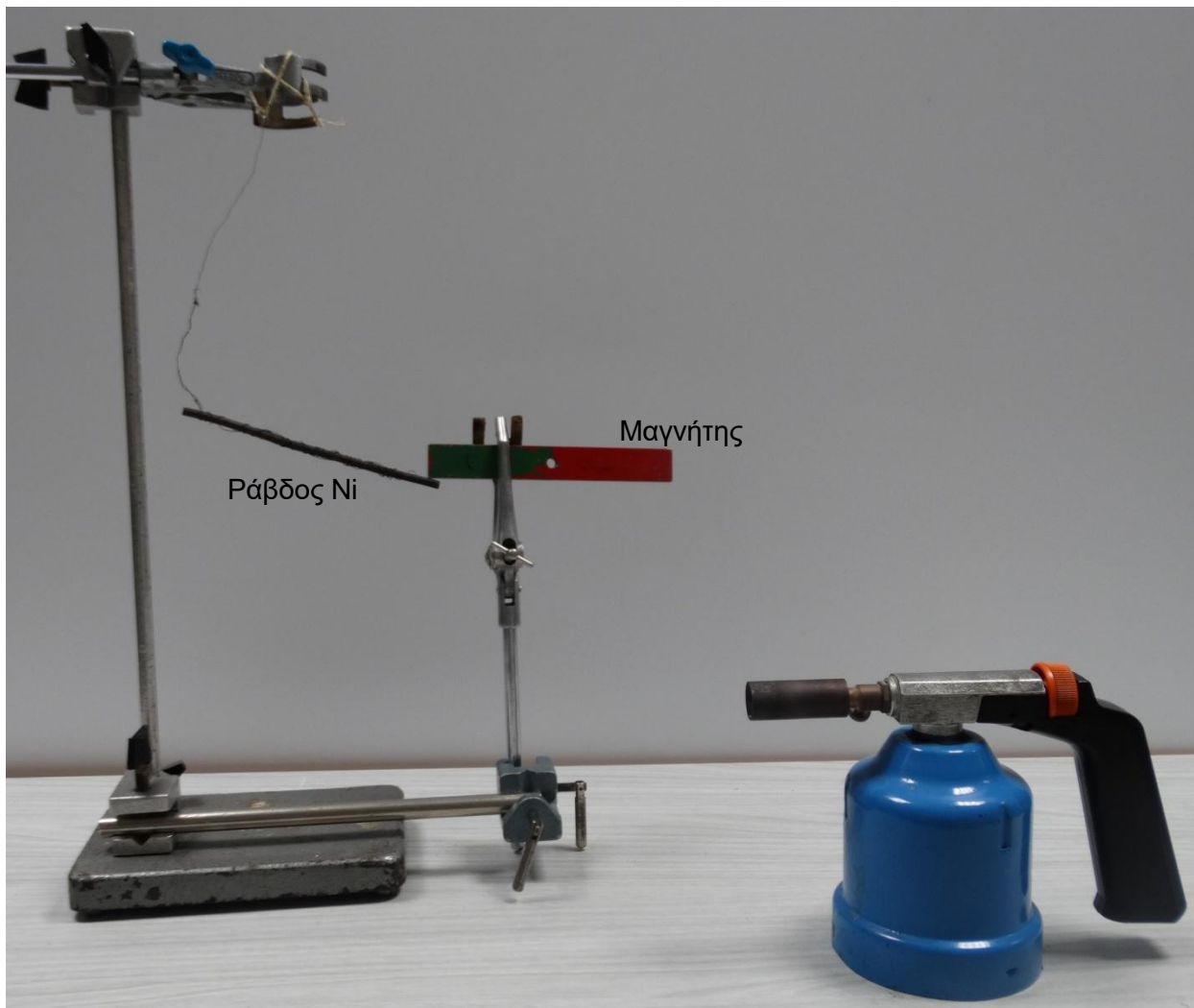
Γυάλινο δοχείο τοποθέτησης του υδατικού διαλύματος $MnSO_4$:



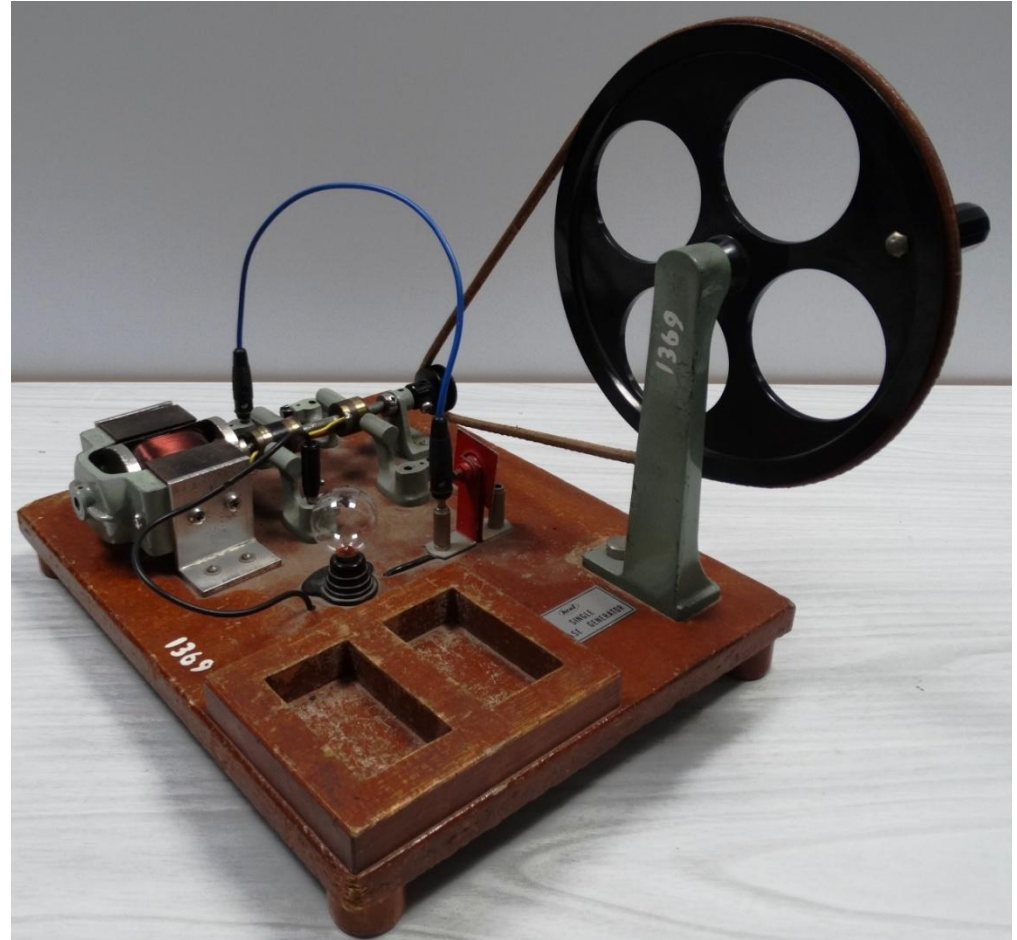
ΜΕΛΕΤΗ ΣΗΜΕΙΟΥ CURIE

❖ **Σημείο Curie:**

Η θερμοκρασία στην οποία ένα υλικό από Σιδηρομαγνητικό γίνεται Παραμαγνητικό, οπότε το ραβδάκι παύει να έλκεται από τον μαγνήτη!

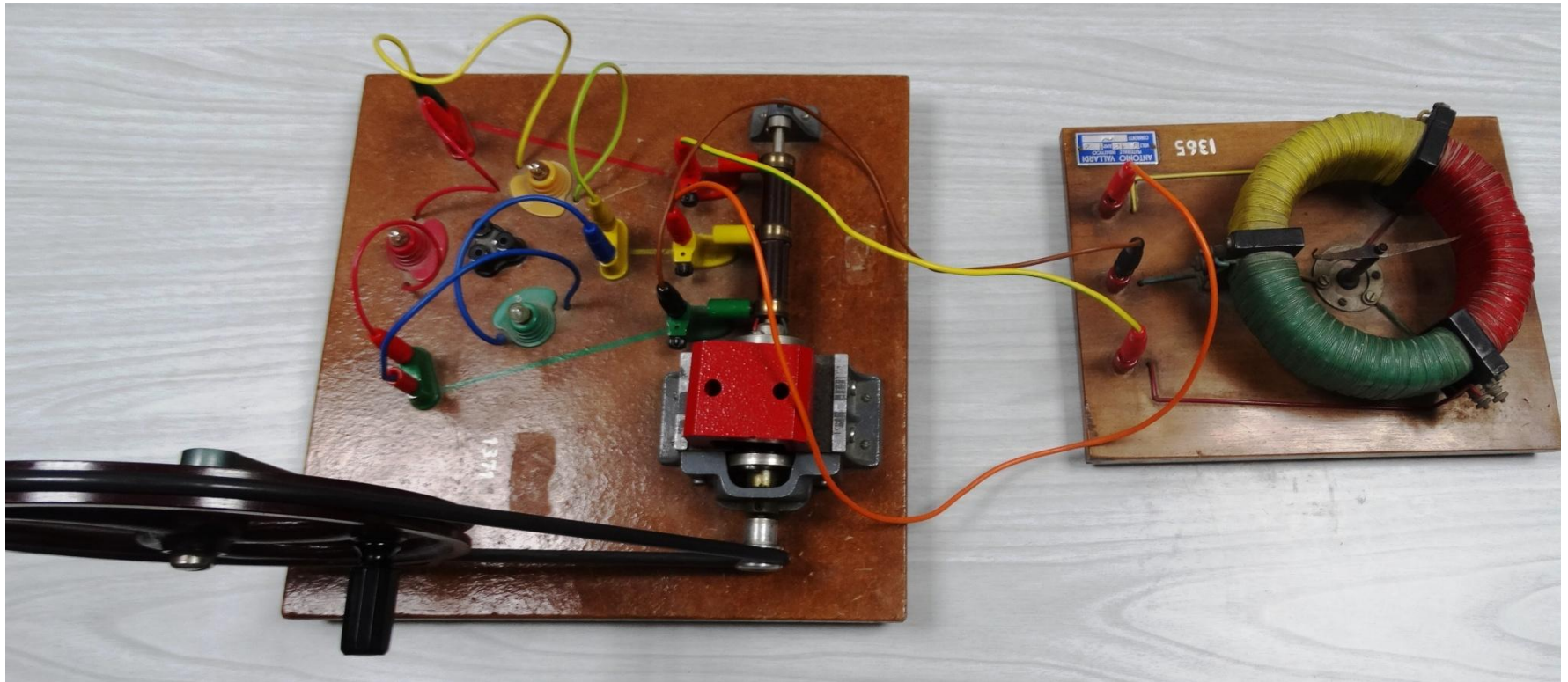


ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ)

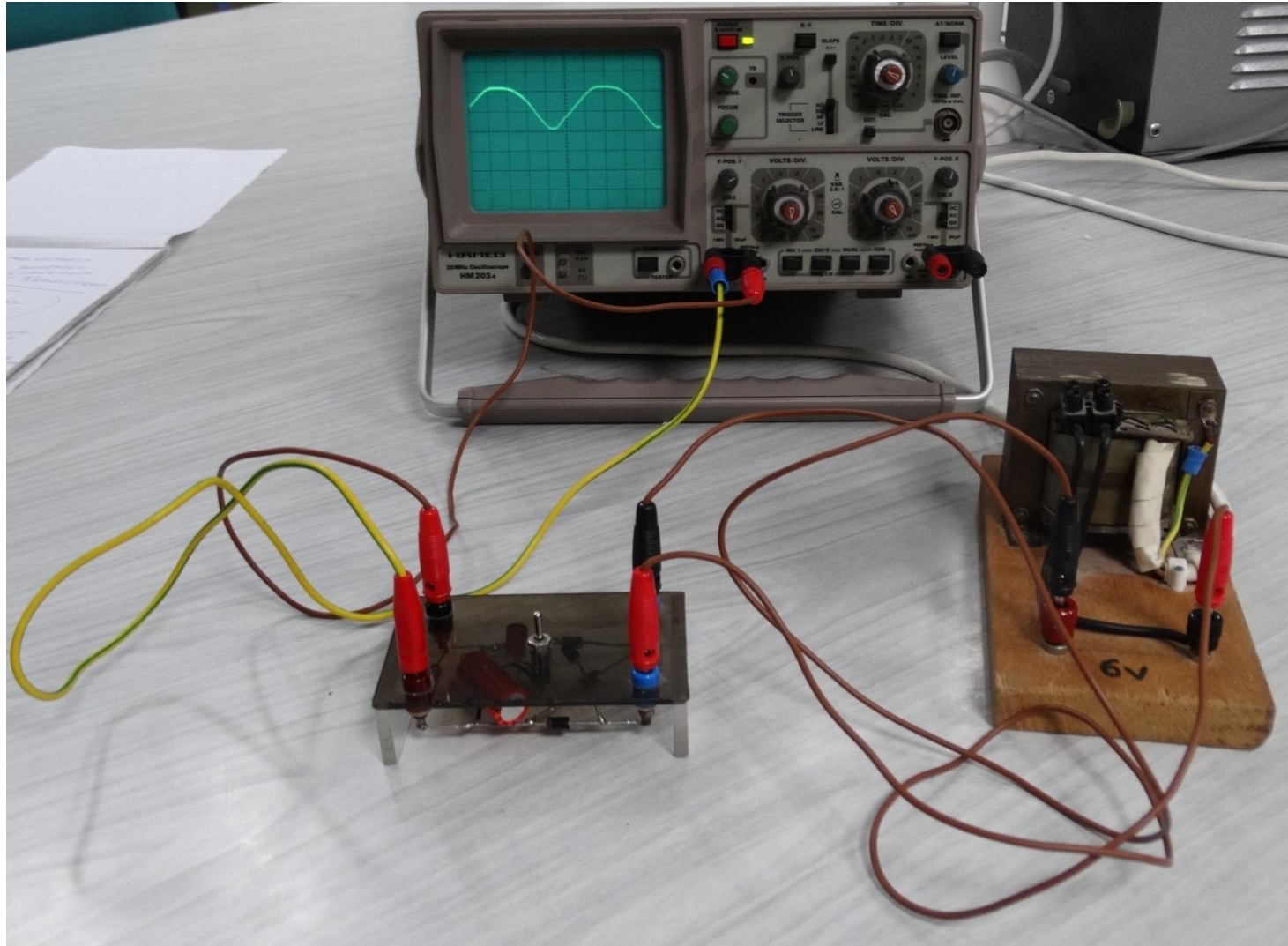


Προσοχή: Για να λειτουργήσει η γεννήτρια, είναι απαραίτητος ο **μαγνήτης!**

**ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ)
& ΤΟ
ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ**

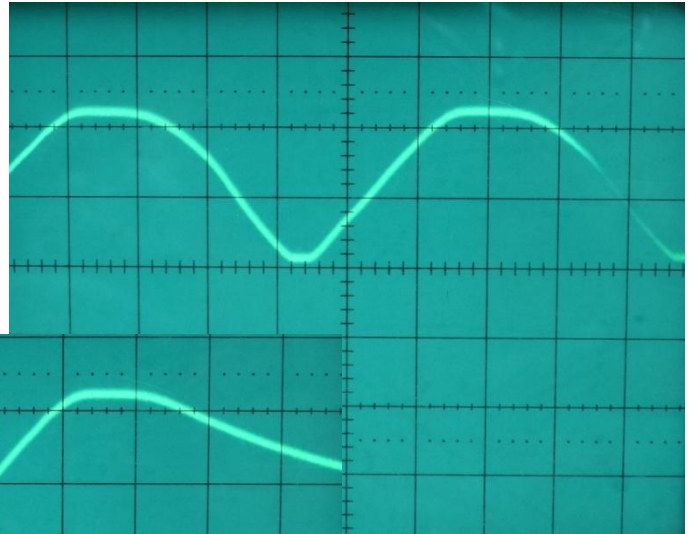


ΑΝΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

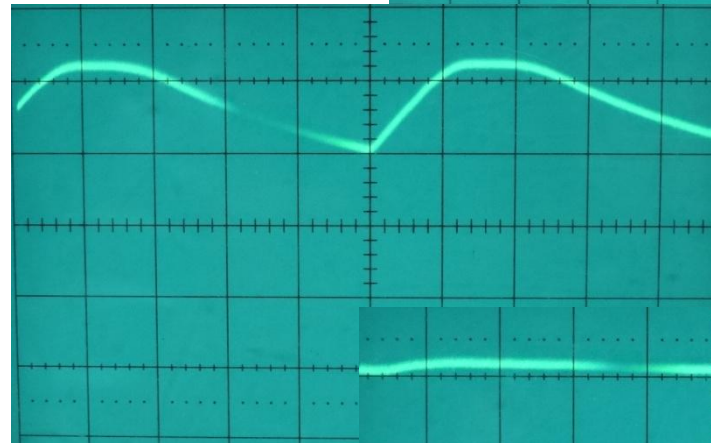


ΑΝΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ (ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ)

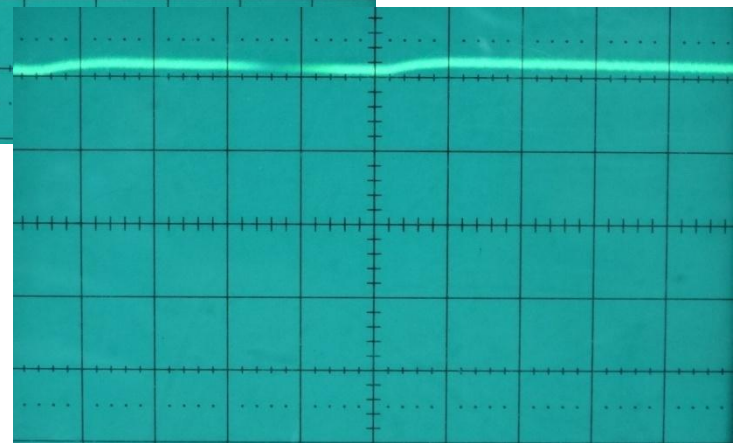
❖ ΔΙΠΛΗ
ΑΝΟΡΘΩΣΗ
ΧΩΡΙΣ ΠΥΚΝΩΤΗ



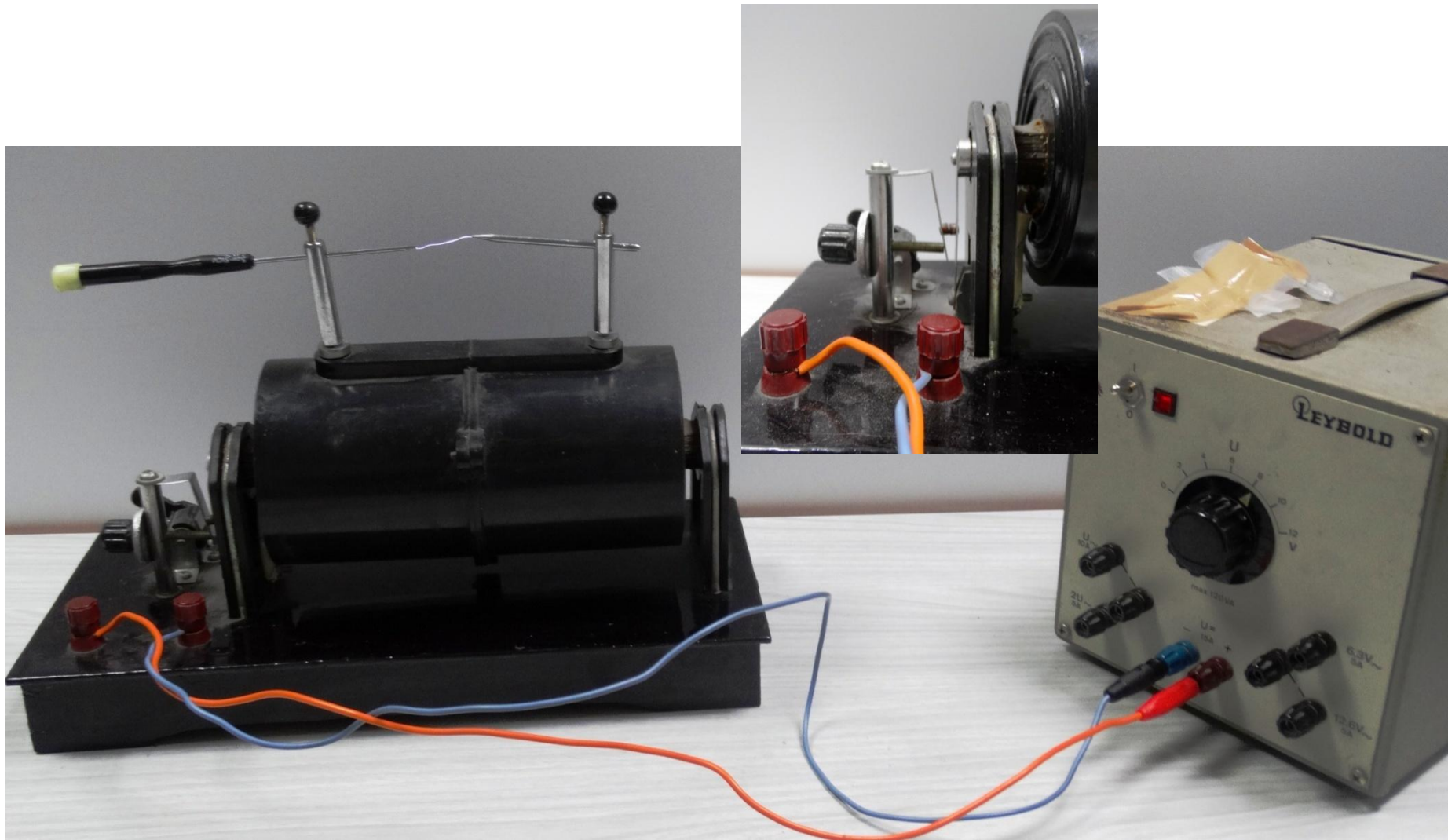
❖ ΔΙΠΛΗ
ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ
ΠΥΚΝΩΤΗ C1



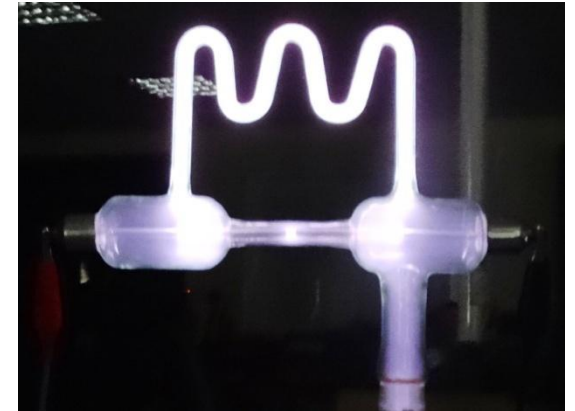
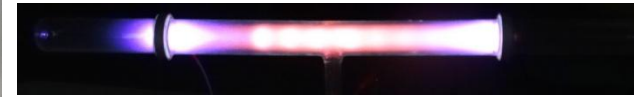
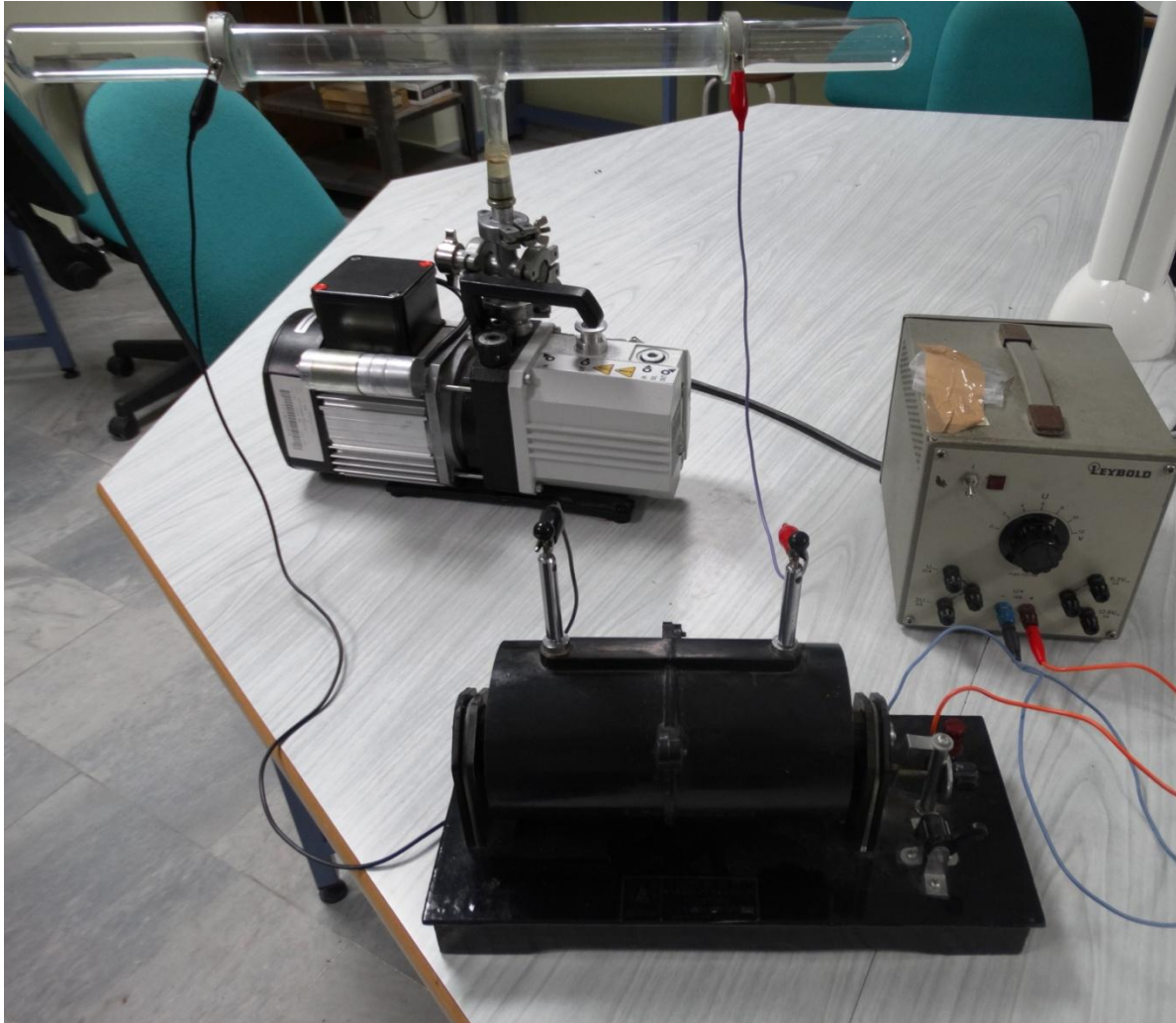
❖ ΔΙΠΛΗ
ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΜΕ
ΠΥΚΝΩΤΗ
C2 > C1.



ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΠΗΝΙΟ RUMKORFF

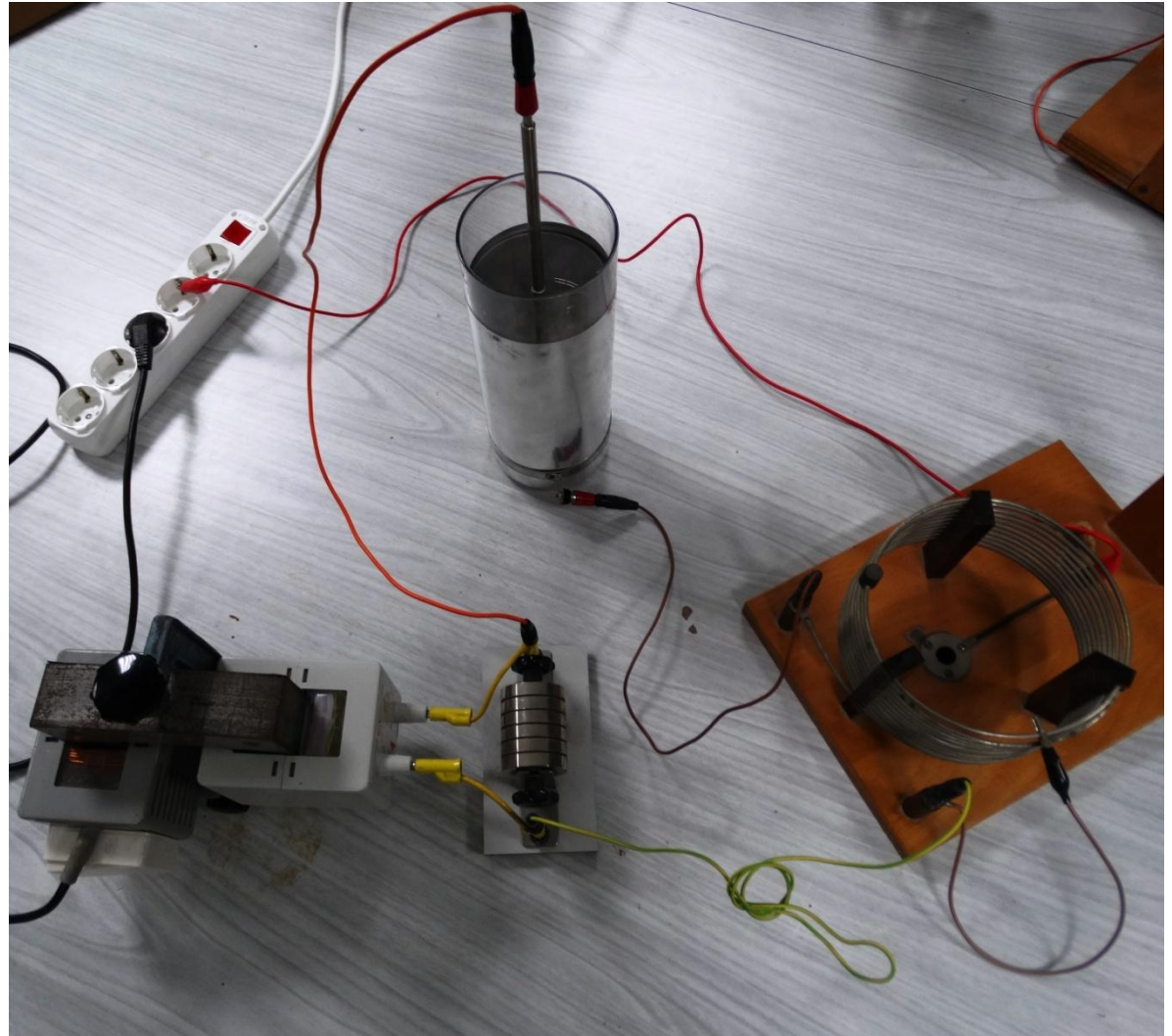


ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΙΣ: ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ



ΥΨΙΣΥΧΝΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ (SKIN EFFECT)

Διάταξη:
Μετασχηματιστής
πολύ υψηλής τάσης,
Σπινθηριστή,
Πηνίο,
Πυκνωτής
(Λουγδωνική λάγηνος)



ΥΨΙΣΥΧΝΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ SKIN EFFECT

❖ Πηγία για την επίδειξη του φαινομένου της Η/Μ επαγωγής στα υψίσυχνα.



ΥΨΙΣΥΧΝΟ ΡΕΥΜΑ

Διαθέτουμε:

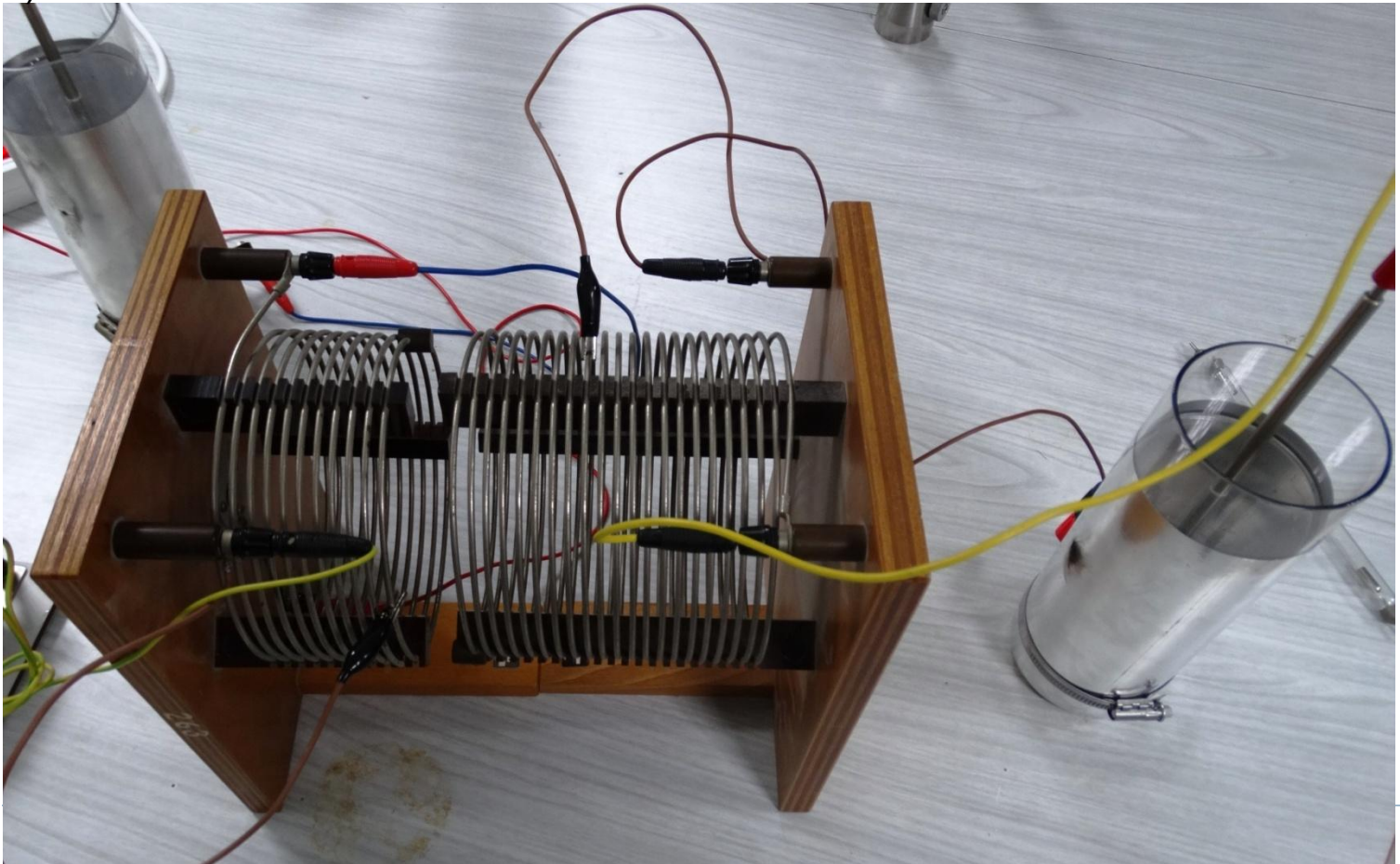
- ❖ «Πεταλοειδή» χάλκινο αγωγό (ο οποίος παρουσιάζει πολύ μικρή ωμική αντίσταση R).
- ❖ Λαμπτήρα σε λαβή τύπου «T».

Συνδέουμε σε σειρά (στο προηγούμενο κύκλωμα) τον χάλκινο σωλήνα και παρατηρούμε ότι ακουμπώντας στον αγωγό και μετακινώντας τον λαμπτήρα από πάνω προς τα κάτω, ο Λαμπτήρας αρχίζει να φωτοβολεί εντονότερα, όσο κατεβάζουμε τον Λαμπτήρα πιο τα κάτω

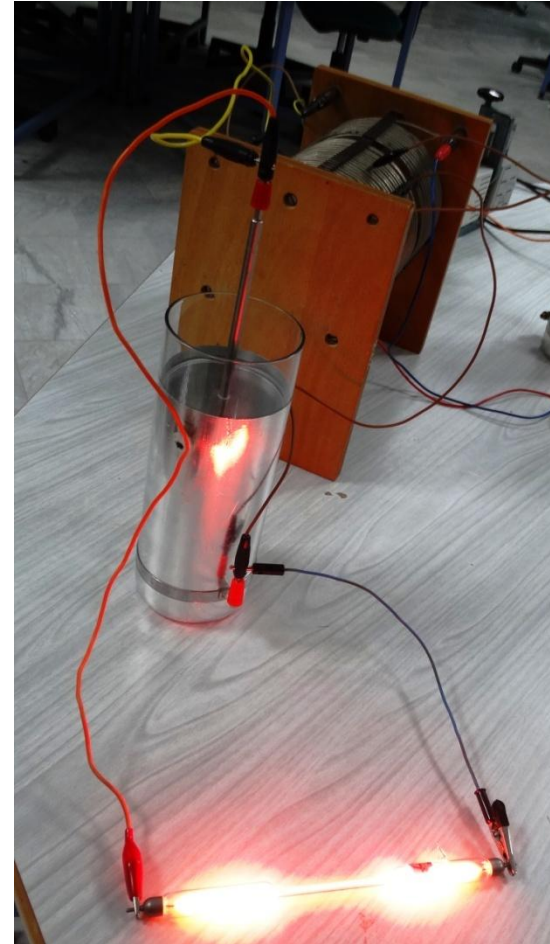
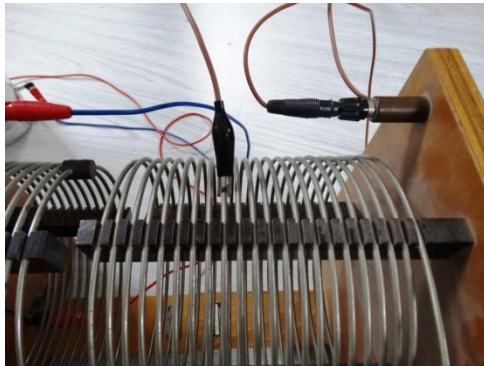


ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ L-C

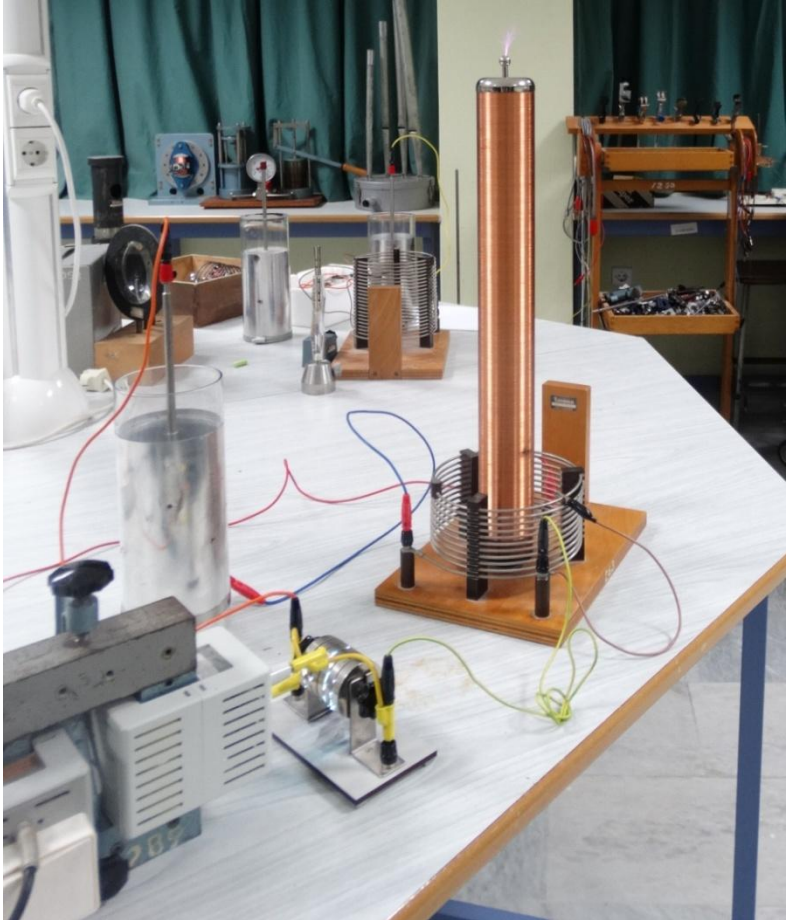
- Θέτουμε σε σύζευξη τα δυο πηνία L1 και L2 των κυκλωμάτων L1C1 και L2C2, τοποθετώντας το ένα απέναντι από το άλλο. Επιλέγοντας τον κατάλληλο αριθμό των σπειρών του L2 ώστε να πετύχουμε συντονισμό, παρατηρούμε ότι φωτοβολεί έντονα ο σωλήνας (λυχνία) Geissler, ο οποίος έχει τοποθετηθεί παράλληλα στον C2 (βλ. επόμενη διαφάνεια)!



ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ LC



ΠΗΝΙΟ TESLA



Προσοχή: Μη ξεχνάτε να **γυιώνετε** το πρωτεύον πηνίο!!!