

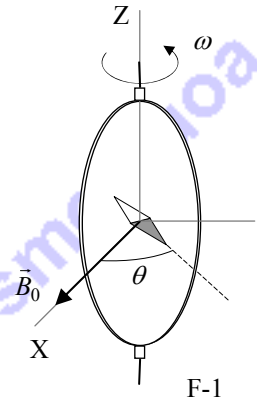
ΘΕΜΑ 2
ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ

Τα τεχνολογικά και επιστημονικά επιτεύγματα κατά τη διάρκεια του δέκατου ένατου αιώνα προκάλεσαν την ανάγκη για παγκόσμια αποδεκτά πρότυπα των φυσικών μεγεθών του ηλεκτρισμού. Σκέφτηκαν ότι οι νέες απόλυτες μονάδες θα έπρεπε να σχετίζονται μόνο με μεγέθη όπως το μήκος, η μάζα και ο χρόνος τα οποία ορίστηκαν μετά την Γαλλική Επανάσταση. Μια εντατική πειραματική εργασία με σκοπό την εδραίωση των τιμών αυτών των μονάδων αναπτύχθηκε από το 1861 μέχρι το 1912. Εδώ εισηγούμαστε τρεις περιπτώσεις μελέτης.

Οι βαθμοί κάθε υποερωτήματος σημειώνονται, μέσα σε παρένθεση, στην αρχή του.

Καθορισμός του Ohm (από τον Κέλβιν)

Ένα κλειστό κυκλικό πλαίσιο με N σπείρες, ακτίνας a και συνολικής αντίστασης R περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω γύρω από μια κατακόρυφη διάμετρο μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο $\vec{B}_0 = B_0 \vec{i}$.



- (0.5+1.0) Υπολογίστε την ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} που επάγεται στο πλαίσιο και επίσης υπολογίστε την μέση ισχύ $\langle P \rangle$ που απαιτείται για να παραμείνει το πλαίσιο σε κίνηση. Αγνοήστε την αυτεπαγωγή στο πλαίσιο.

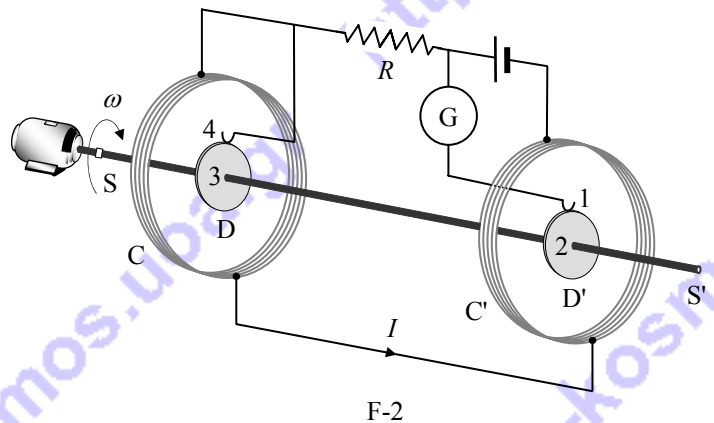
Μια μικρή μαγνητική βελόνα τοποθετείται στο κέντρο του πλαισίου, όπως φαίνεται στην εικόνα F-1. Είναι ελεύθερη να περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονα Z σε οριζόντιο επίπεδο, αλλά δεν μπορεί να ακολουθεί την γρήγορη στροφική κίνηση του πλαισίου.

- (2.0) Όταν αποκατασταθεί η στάσιμη κατάσταση, η βελόνα θα βρίσκεται σε κατεύθυνση που σχηματίζει μια μικρή γωνία θ με την \vec{B}_0 . Υπολογίστε την αντίσταση R του πλαισίου σε σχέση με τη γωνία και τις άλλες παραμέτρους του συστήματος.

Ο Λόρδος Κέλβιν χρησιμοποίησε αυτή τη μέθοδο το 1860 για να θέσει το απόλυτο πρότυπο για το ohm. Για να αποφύγει το περιστρεφόμενο πλαίσιο, ο Lorenz επινόησε μια εναλλακτική μέθοδο η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους Lord Rayleigh και Ms. Sidgwick, την οποία και αναλύουμε στις επόμενες παραγράφους.

Determination of the ohm (από τους Rayleigh και Sidgwick).

Η πειραματική διάταξη φαίνεται στην εικόνα F-2. Αυτή αποτελείται από δύο όμοιους μεταλλικούς δίσκους D και D' με ακτίνα b προσαρμοσμένους στον αγωγίμο άξονα SS'. Ένας κινητήρας περιστρέφει το στέλεχος μαζί με τους δίσκους με γωνιακή ταχύτητα ω , η οποία μπορεί να ρυθμίζεται προκειμένου να μετρηθεί η R . Δύο όμοια πλαίσια C και C' (με ακτίνα a και N σπείρες το καθένα) περιβάλλουν τους δίσκους. Είναι συνδεδεμένα



¹ Η μέση τιμή $\langle X \rangle$ μιας ποσότητας $X(t)$ σε ένα περιοδικό σύστημα με περίοδο T είναι: $\langle X \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T X(t) dt$

Ίσως χρειαστείτε ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω ολοκληρώματα:

$$\int_0^{2\pi} \sin x \, dx = \int_0^{2\pi} \cos x \, dx = \int_0^{2\pi} \sin x \cos x \, dx = 0, \quad \int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = \int_0^{2\pi} \cos^2 x \, dx = \pi, \quad \text{και τέλος} \quad \int x^n \, dx = \frac{1}{n+1} x^{n+1}$$

με τέτοιο τρόπο ώστε το ρεύμα I να κυκλοφορεί μέσα από αυτά με αντίθετη φορά. Η όλη διάταξη εξυπηρετεί στη μέτρηση της αντίστασης R .

3. (2.0) Υποθέστε ότι το ρεύμα I που κυκλοφορεί στα πλαίσια C και C' δημιουργεί ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο B στην περιοχή των D and D' , ίσο με εκείνο στο κέντρο του πλαισίου. Υπολογίστε¹ την ηλεκτρεργετική δύναμη από επαγωγή \mathcal{E} μεταξύ των επαφών 1 και 4, υποθέτοντας ότι η απόσταση μεταξύ των πλαισίων είναι πολύ μεγαλύτερη από την ακτίνα των πλαισίων και ότι $a \gg b$.

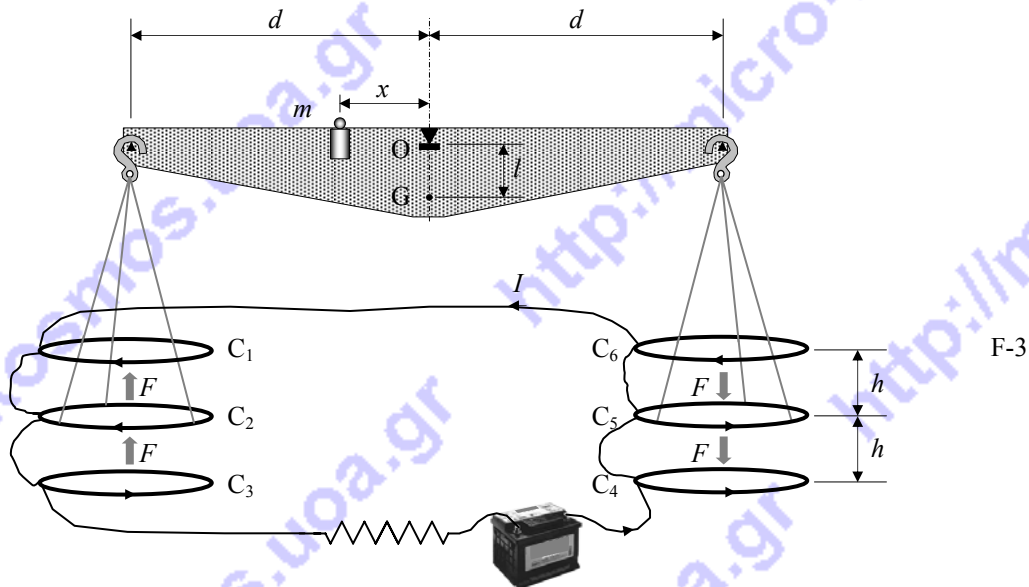
Οι δίσκοι είναι συνδεδεμένοι στο κύκλωμα που σχηματίζεται με τη βοήθεια των επαφών στα σημεία 1 και 4. Το γαλβανόμετρο G ανιχνεύει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα 1-2-3-4.

4. (0.5) Η αντίσταση R μετριέται όταν το G δείχνει μηδέν. Δώστε το R σαν συνάρτηση των παραμέτρων του συστήματος.

Καθορισμός του ampere

Με το πέρασμα ηλεκτρικού ρεύματος σε δύο αγωγούς και με τη μέτρηση της δύναμης με την οποία αλληλεπιδρούν γίνεται ο απόλυτος καθορισμός του ρεύματος. Ο “ζυγός ρεύματος” που σχεδιάστηκε από τον Λόρδο Kelvin το 1882 στηρίζεται στη μέθοδο αυτή. Αποτελείται από έξι όμοια πλαίσια με μία σπείρα το καθένα $C_1 \dots C_6$ που έχουν ακτίνα a , και είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Όπως φαίνεται στην εικόνα F-3, τα στερεωμένα πλαίσια C_1, C_3, C_4 , και C_6 πατάνε πάνω σε δύο οριζόντια επίπεδα τα οποία απέχουν μια μικρή απόσταση $2h$. Τα πλαίσια C_2 και C_5 κρέμονται από τα άκρα των βραχιόνων οι οποίοι έχουν μήκος d , και είναι σε ισορροπία, ισαπέχοντας από τα επίπεδα στήριξης των άλλων πλαισίων.

Το ρεύμα I ρέει μέσα από τα πλαίσια με τέτοια διεύθυνση ώστε η μαγνητική δύναμη C_2 να έχει κατεύθυνση προς τα πάνω ενώ αυτή στο C_5 προς τα κάτω. Μια μάζα m σε απόσταση x από το υπομόχλιο O απαιτείται για να αποκατασταθεί η ισορροπία του ζυγού στη θέση που περιγράφηκε παραπάνω όταν το ρεύμα κυκλοφορεί στο κύκλωμα.



5. (1.0) Υπολογίστε τη δύναμη F στο C_2 λόγω της μαγνητικής αλληλεπίδρασης με το C_1 . Για απλότητα υποθέστε ότι η δύναμη ανά μονάδα μήκους είναι ίση με τη δύναμη με την οποίαν αλληλεπιδρούν δύο ευθύγραμμοι παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί.
6. (1.0) Το ρεύμα I μετριέται όταν ο ζυγός βρίσκεται σε ισορροπία. Δώστε την τιμή του I ως συνάρτηση των φυσικών παραμέτρων του συστήματος. Οι διαστάσεις της διάταξης είναι τέτοιες ώστε να μπορούμε να αγνοήσουμε την αλληλεπίδραση των πλαισίων που βρίσκονται στα αριστερά με εκείνα στα δεξιά.

Εστω M η μάζα του ζυγού (εκτός της m και των γάντζων), G το κέντρο μάζας και l η απόσταση \overline{OG} .

7. (2.0) Η ισορροπία του ζυγού είναι ευσταθής σε αποκλίσεις που προκαλούν μικρές μεταβολές δz στο ύψος του C_2 και $-\delta z$ του C_5 . Υπολογίστε² τη μέγιστη τιμή δz_{\max} ώστε ο ζυγός να επιστρέφει στη θέση ισορροπίας.

² Θεωρήστε ότι τα κέντρα των πλαισίων παραμένουν κατά προσέγγιση ευθυγραμμισμένα.

COUNTRY CODE	STUDENT CODE	PAGE NUMBER	TOTAL No OF PAGES

ΘΕΜΑ 2 ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Ερώτηση	Βασικοί τύποι που χρησιμοποιήσατε	Αναλυτικά αποτελέσματα	Μονάδες Βαθμολόγησης
1		$\varepsilon =$ $\langle P \rangle =$	1.5
2		$R =$	2.0
3		$\varepsilon =$	2.0
4		$R =$	0,5
5		$F =$	1.0
6		$I =$	1.0
7		$\delta z_{\max} =$	2.0

Χρησιμοποιείστε τις προσεγγίσεις $\frac{1}{1 \pm \beta} \approx 1 \mp \beta + \beta^2$ ή $\frac{1}{1 \pm \beta^2} \approx 1 \mp \beta^2$ για $\beta \ll 1$, και $\sin \theta \approx \tan \theta$ για μικρά θ .

<http://micro-kosmos.uoa.gr>