

ΑΣΚΗΣΗ 2^η

Ζυγός ρεύματος – Δύναμη Laplace

Θεωρητική εισαγωγή

Σε ένα κινούμενο φορτισμένο σωματίδιο φορτίου q και ταχύτητας \mathbf{v} που βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής \mathbf{B} ασκείται μια μαγνητική δύναμη \mathbf{F} (Δύναμη Lorentz ή Δύναμη Laplace στην Ελληνική βιβλιογραφία) ίση με:

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

Η δύναμη αυτή έχει διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο που σχηματίζουν τα διανύσματα \mathbf{v} και \mathbf{B} και φορά που ορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού (εξωτερικό γινόμενο). Εάν η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων \mathbf{v} και \mathbf{B} είναι ορθή, τότε η σχέση (1) γίνεται:

$$F = q \cdot v \cdot B \quad (2)$$

Η ταχύτητα των φορέων ρεύματος (ηλεκτρόνια) μετριέται μέσω του ρεύματος I που διαρρέει τον αγωγό. Το συνολικό φορτίο ηλεκτρονίων στο κομμάτι του αγωγού μήκους l που βρίσκεται μέσα στο πεδίο, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$q \cdot v = I \cdot l \quad (3)$$

Από τις δύο προηγούμενες σχέσεις προκύπτει για την δύναμη Laplace:

$$F = I \cdot l \cdot B \quad (4)$$

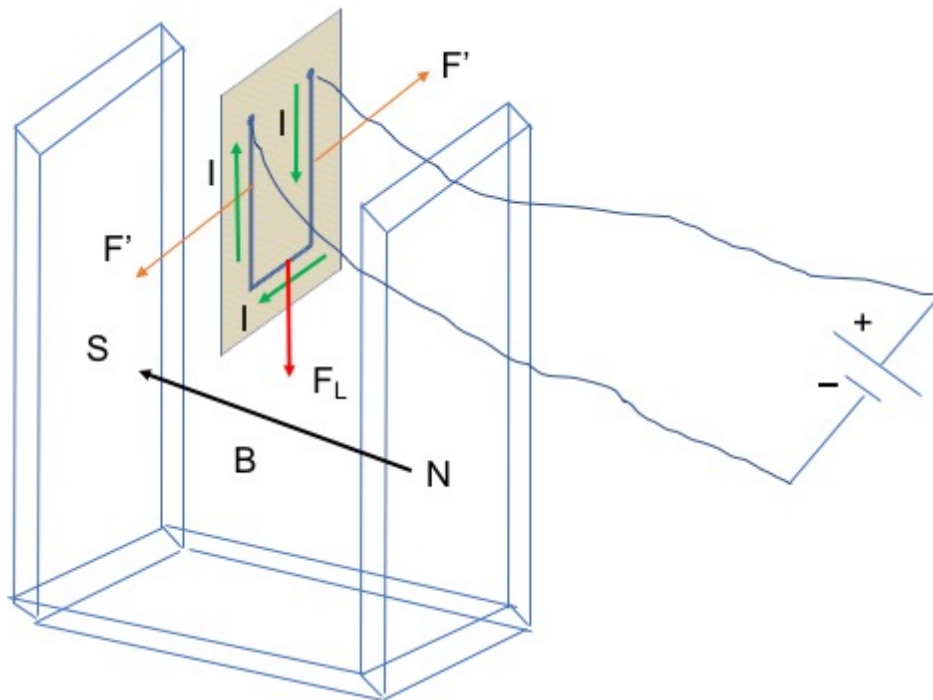
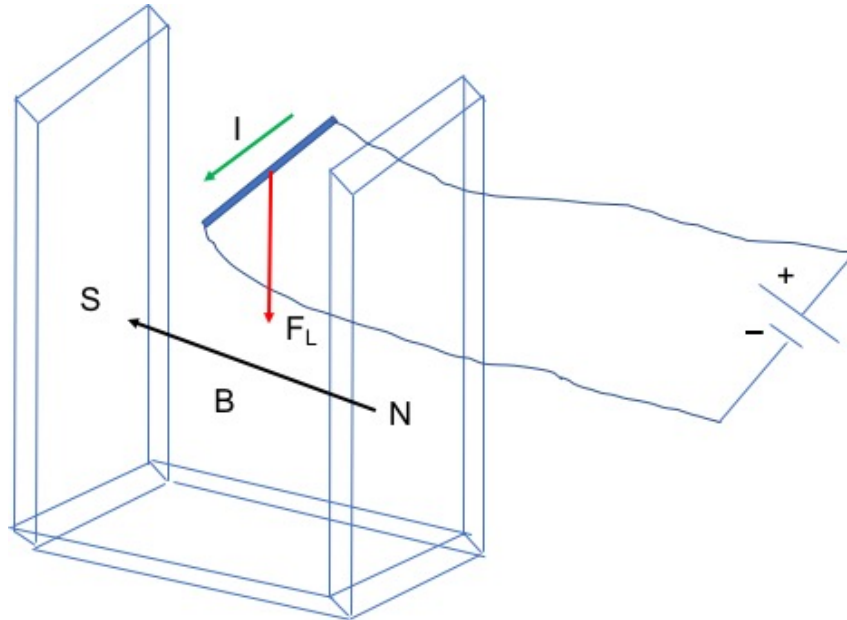
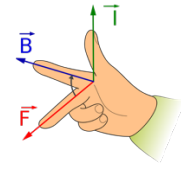
Στο συγκεκριμένο πείραμα θα μετριέται η δύναμη Laplace F σαν συνάρτηση του ρεύματος I που διαρρέει αγωγό συγκεκριμένου μήκους και σαν συνάρτηση του μήκους l του αγωγού για συγκεκριμένη τιμή ρεύματος I .

Πειραματική διάταξη

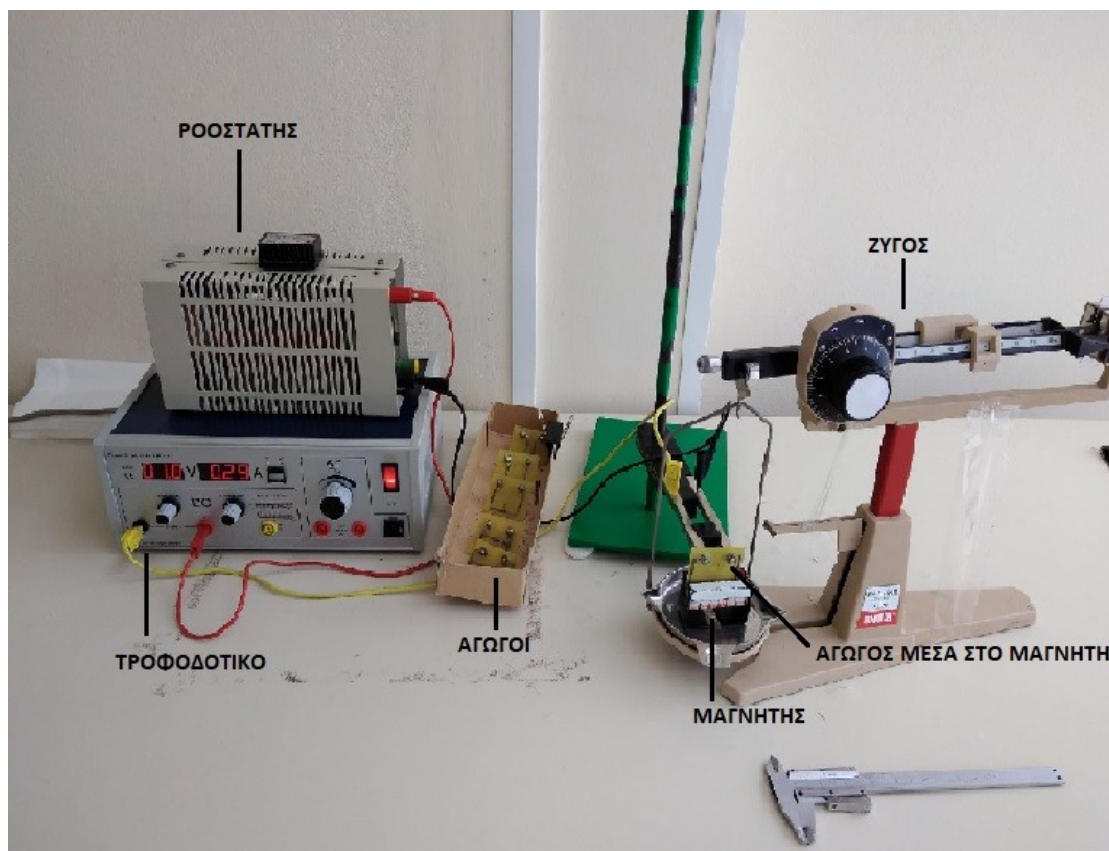
Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει:

- Ζυγό ακριβείας με βερνιέρο
- Βάση στήριξης των αγωγών
- Τροφοδοτικό AC/DC 24V
- Πεταλοειδή μαγνήτη (Σετ από μαγνήτες)
- Σετ από αγωγούς σε πλακέτα (6 διαφορετικά μήκη)
- Διαστημόμετρο
- Αμπερόμετρο

ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



Εκτέλεση

ΜΕΡΟΣ Α

1. Πραγματοποιήστε την συνδεσμολογία του κυκλώματος με την επίβλεψη του διδάσκοντα και τοποθετήστε τον πρώτο αγωγό στη βάση στήριξης έτσι ώστε να βρίσκεται μέσα στον πεταλοειδή μαγνήτη και χωρίς να ακουμπά σε αυτόν. Μετρήστε το μήκος του αγωγού με διαστημόμετρο και καταγράψτε την τιμή του.

ΑΓΩΓΟΣ	ΜΗΚΟΣ l (cm)
A	1,2
B	2,15
Γ	3,15
Δ	4,2
E	6,3
Z	8,3

Πίνακας 1

2. Ζυγίστε τον πεταλοειδή μαγνήτη και υπολογίστε το βάρος του από τη σχέση $B = m \cdot g$ (5)
($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Καταγράψτε την τιμή καθώς και το σχετικό σφάλμα.
 $m_0 = 163, 25 \text{ g}$

3. Τροφοδοτήστε τον αγωγό με ρεύμα σταθερής τιμής (3 A). Θα παρατηρήσετε ότι η ισορροπία διαταράσσεται και αυτό συμβαίνει διότι στον αγωγό αλλά και στον πεταλοειδή μαγνήτη ασκείται η μαγνητική δύναμη Laplace. Μετρήστε την καινούργια ένδειξη και υπολογίστε το βάρος που προκύπτει.
4. Καταχωρήστε την τιμή του βάρους και του μήκους του αγωγού με τα σχετικά σφάλματα σε ένα πίνακα (Πίνακας 2).
- 5.

ΑΓΩΓΟΣ	ΜΑΖΑ m(g)
A	163,8
B	164,1
Γ	164, 22
Δ	164, 5
E	164,7
Z	165,1

Πίνακας 2

6. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία και για τους έξι αγωγούς.

ΜΕΡΟΣ Β

7. Τοποθετήστε έναν από τους αγωγούς (πχ τον Γ) στη βάση στήριξης και τροφοδοτήστε το κύκλωμα με ρεύμα I_L 0,4 A. Μετρήστε την ένδειξη του ζυγού και υπολογίστε το αντίστοιχο βάρος.
8. Με τον ίδιο αγωγό (έστω τον Γ) επαναλάβετε το ίδιο για δέκα διαφορετικές τιμές του ρεύματος (έως και 4 A). Καταχωρήστε τις τιμές βάρους και ρεύματος με τα σχετικά σφάλματα σε ένα πίνακα (Πίνακας 3).

I (A)	ΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΑΖΑ m(g)
0,4	163,8 ± 0,01
0,8	163,91 ± 0,01
1,2	164,1 ± 0,01
1,6	164,3 ± 0,01
2,0	164,5 ± 0,01
2,4	164,62 ± 0,01
2,8	164,81 ± 0,01
3,2	164,91 ± 0,01
3,6	165,2 ± 0,01
4,0	165,4 ± 0,01

Πίνακας 3

Επεξεργασία των μετρήσεων

ΜΕΡΟΣ Α

1. Υπολογίστε τη διαφορά βάρους ΔB που προκύπτει από το κανονικό βάρος του μαγνήτη B_0 (πρώτη μέτρηση) μείον το πλασματικό βάρος B_p μετά την εφαρμογή της μαγνητικής δύναμης Laplace. Αυτή η τιμή είναι ουσιαστικά το μέτρο της δύναμης Laplace F (γιατί ;).
2. Επαναλάβετε το ίδιο και για τις έξι διαφορετικές τιμές μηκών l των αγωγών και καταχωρήστε τις τιμές στον πίνακα 1.
3. Κατασκευάστε το διάγραμμα $F - l$ και με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων χαράξτε την καλύτερη ευθεία. Επιβεβαιώνεται η γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών όπως προκύπτει από τη σχέση (4); Τι παριστάνει η κλίση της ευθείας;

ΜΕΡΟΣ Β

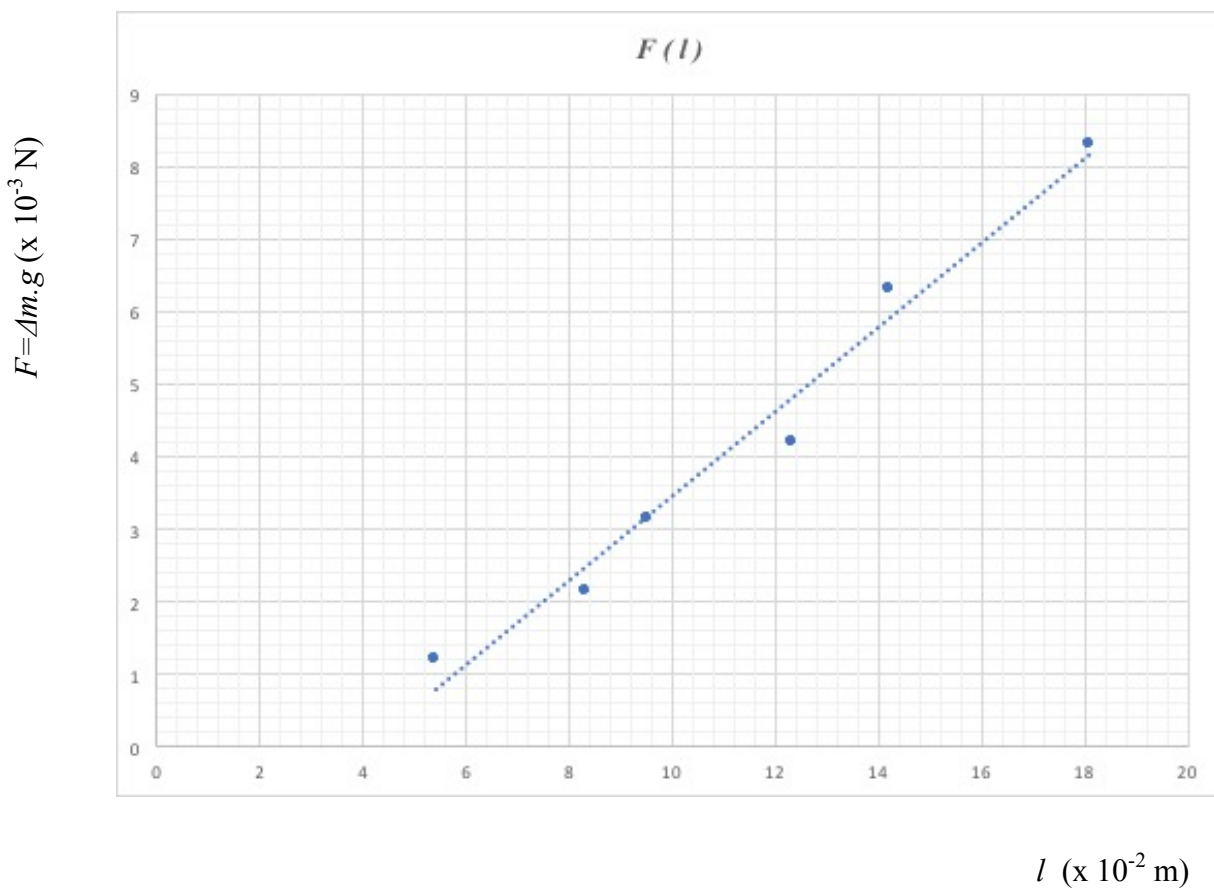
4. Υπολογίστε με τον ίδιο τρόπο την τιμή της δύναμης Laplace F για τα δεδομένα των πινάκων 1 και 3.
5. Κατασκευάστε διάγραμμα σε excel $F - I_L$ και με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων χαράξτε την καλύτερη ευθεία. Επιβεβαιώνεται η γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών όπως προκύπτει από τη σχέση (4); Τι παριστάνει η κλίση της ευθείας;

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ 2, Κ. Παπαγεωργίου, Ι. Γκιάλας, Κ. Θεοδοσίου, 2006
2. R. A. Serway, J.W. Jewett, "Physics for scientists and Engineers, Volume 2, Electromagnetism, Light and Optics, Modern Physics", (Translated into Greek)
3. Hugh D. Young, "University Physics, Volume 2, Electromagnetism - Optics - Modern Physics", (Translated into Greek)

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΜΕΡΟΣ Α, F(l)

<i>ΑΓΩΓΟΣ</i>	<i>l (x10⁻² m)</i>	<i>m₀ (g)</i>	<i>m (g)</i>	<i>Δm (g)</i>	<i>(Δm.g) x 10⁻³ (N)</i>	<i>(F_L=Δm.g) x 10⁻³ (N)</i>
A	1,2	163,25	163,8	0,55	5,3955	5,4
B	2,15		164,1	0,85	8,3385	8,3
Γ	3,15		164,22			
Δ	4,2		164,5			
Ε	6,3		164,7			
Ζ	8,3		165,1			



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΜΕΡΟΣ Β, F(I)

ΑΓΩΓΟΣ	ΜΗΚΟΣ l (cm)
A	1,2
B	2,15
Γ	3,15
Δ	4,2
E	6,3
Z	8,3

Πίνακας 1

I (A)	ΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΑΖΑ m(g)
0,4	163,8 ± 0,01
0,8	163,91 ± 0,01
1,2	164,1 ± 0,01
1,6	164,3 ± 0,01
2,0	164,5 ± 0,01
2,4	164,62 ± 0,01
2,8	164,81 ± 0,01
3,2	164,91 ± 0,01
3,6	165,2 ± 0,01
4,0	165,4 ± 0,01

Πίνακας 3

ΑΓΩΓΟΣ	$l (x10^{-2} m)$	$I(A)$	$m_0 (g)$	$m (g)$	$\Delta m (g)$	$(\Delta m.g) x 10^{-3} (N)$	$(F_L = \Delta m.g) x 10^{-3} (N)$
		0,4	163,25	163,8	0,55	5,3955	5,4
		0,8		163,91	0,66	6,4746	6,5
Γ	3,15	1,2		164,1			
		1,6		164,3			
		2,0		164,5			
		2,4		164,62			
		2,8		164,81			
		3,2		164,91			
		3,6		165,2			
		4,0		165,4			

+ την γραφική παράσταση $F(I)$