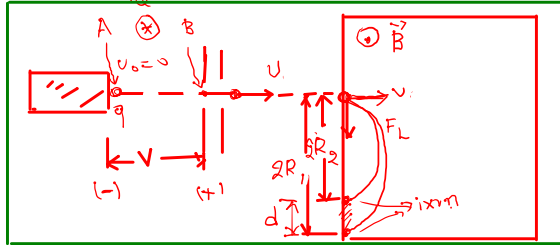


ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ ΜΑΖΑΣ

4.61

Το χλώριο αποτελείται από δύο ισότοπα. Οι μάζες των ισωτόπων είναι $m_1 = 37 \times 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ και $m_2 = 35 \times 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Μονοσθενή ιόντα χλωρίου επιταχύνονται από την ηρεμία με τάση $V = 7 \text{ kV}$. Στη συνέχεια κινούνται μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B = 0,5 \text{ T}$ ενός φασματογράφου μάζας και πέφτουν στη φωτογραφική πλάκα. Βρείτε πόσο θα απέχουν τα ίχνη των δύο ισωτόπων στη φωτογραφική πλάκα. Δίνεται το στοιχειώδες φορτίο $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. [Απ: $8 \times 10^{-3} \text{ m}$]

$$C \text{ } e^- \rightarrow q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



$$\text{ΘΜΚΕ με } \Delta K : \Sigma W = \Delta K \Rightarrow W_{F_{\text{ηλ}}} = K_{\text{ηλ}} - 0 \Rightarrow |q| \cdot V = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 2|q|V = m v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2|q|V}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|q|V}{m}} \quad (1)$$

$$\text{Κίνηση στο } \text{Ο.Μ.Π. : } \text{κυκλική τροχιά} \rightarrow R = \frac{mv}{B|q|} \quad (1) \Rightarrow R = \sqrt{\frac{2|q|V}{m}} \cdot \frac{m}{B|q|} \Rightarrow R = \sqrt{\frac{2|q|V m^2}{m B^2 |q|^2}} \Rightarrow \quad (\text{circled } \sqrt{\alpha^2} = \alpha)$$

$$R = \sqrt{\frac{2mV}{B^2|q|}} \quad (2) \quad \left. \begin{array}{l} |q_1| = |q_2| = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_1 > m_2 \end{array} \right\} \Rightarrow R_1 > R_2 \rightarrow R_1 = \sqrt{\frac{2m_1 V}{B^2|q|}} \quad (3), \quad R_2 = \sqrt{\frac{2m_2 V}{B^2|q|}} \quad (4)$$

$$d = 2R_1 - 2R_2 = 2(R_1 - R_2) \Rightarrow$$

$$d = 2 \left(\sqrt{\frac{2m_1 V}{B^2 e}} - \sqrt{\frac{2m_2 V}{B^2 e}} \right) = 2(\dots) \Rightarrow$$

$$d = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\otimes W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = -e(V_A - V_B) = e(-V_A + V_B) \Rightarrow$$

$$W_{A \rightarrow B} = e(V_B - V_A) = |q|V$$

$$\begin{array}{l} A \xrightarrow{F_{\text{ηλ}} \perp \vec{v}} B \\ \text{?} \\ W_{F_{\text{ηλ}}} \neq F_{\text{ηλ}} \cdot \Delta x \text{ γιατί} \\ W^{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) \end{array}$$

4-10 ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE (ΔΑΠΛΑΣ)

Όπως είδαμε, ένα ηλεκτρικό φορτίο που κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο δέχεται δύναμη από το πεδίο. Λογικό είναι να περιμένουμε ότι ένας ρευματοφόρος αγωγός που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο θα δέχεται δύναμη από το πεδίο. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το αποτέλεσμα της κίνησης πολλών φορτισμένων σωματιδίων μέσα στον αγωγό. Σε καθένα από αυτά τα σωματίδια το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη. Η συνολική δύναμη που δρα πάνω σε έναν αγωγό, είναι το μακροσκοπικό αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκεί το μαγνητικό πεδίο σε κάθε φορτισμένο σωματίδιο που κινείται μέσα στον αγωγό. Έτσι, μπορούμε, από τη δύναμη που δέχεται ένα σωματίδιο να υπολογίσουμε τη δύναμη που δέχεται ο ρευματοφόρος αγωγός. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται στο τέλος της παραγράφου.

Το ότι το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη σε έναν αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα, μπορούμε να το διαπιστώσουμε με τη διάταξη της εικόνας 4.11. Ένας οριζόντιος αγωγός ισορροπεί ανάμεσα στους πόλους ενός πεταλοειδούς μαγνήτη. Όταν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα μετακινείται. Αν αντιστρέψουμε τη φορά του μαγνητικού πεδίου, ο αγωγός θα μετακινηθεί στην αντίθετη κατεύθυνση.

Η δύναμη που ασκεί το μαγνητικό πεδίο σε έναν αγωγό ονομάζεται **δύναμη Laplace**.

Το μαγνητικό πεδίο ασκεί σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό που βρίσκεται μέσα σ' αυτό δύναμη

$$F = BIl \sin \varphi$$

(4.18)

όπου φ η γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τις δυναμικές γραμμές, l το μήκος του αγωγού και I το ρεύμα που τον διαρρέει. Η δύναμη είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από τον αγωγό και τις δυναμικές γραμμές και η φορά της δίνεται από τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού:

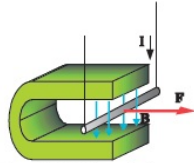
Σχηματίζουμε τρισσορθόγωνο σύστημα με τα τρία δάκτυλα (αντίχειρας, δείκτης, μέσος) του δεξιού χεριού. Αν ο αντίχειρας δείχνει τη φορά του ρεύματος και ο δείκτης τη φορά του πεδίου, ο μέσος θα δείχνει τη φορά της δύναμης (εικ. 4.12).

Από τη σχέση (4.18) προκύπτει ότι αν ο ρευματοφόρος αγωγός είναι παράλληλος στο μαγνητικό πεδίο ($\varphi = 0^\circ$ ή $\varphi = 180^\circ$) δε δέχεται δύναμη από αυτό, ενώ αν είναι κάθετος στο μαγνητικό πεδίο ($\varphi = 90^\circ$) η δύναμη που δέχεται από το πεδίο παίρνει τη μέγριστη τιμή της $F = BI l$.

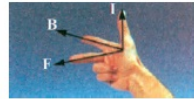
Αν ο αγωγός δεν είναι ευθύγραμμος, τον χωρίζουμε σε μικρά τμήματα, μήκους Δl , τόσο μικρά ώστε το καθένα από αυτά να μπορεί να θεωρηθεί ευθύγραμμο και υπολογίζουμε τη δύναμη που ασκείται σε κάθε ένα από αυτά. Η δύναμη που δέχεται ο αγωγός είναι η συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.



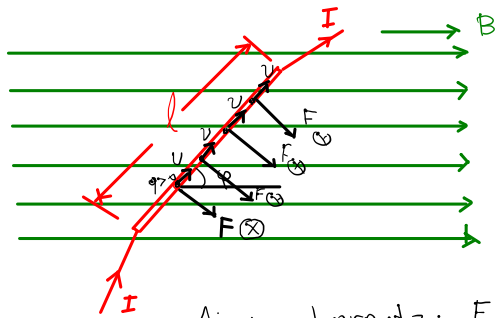
Εικ. 4.11 Όταν ο αγωγός που βρίσκεται ανάμεσα στους πόλους του μαγνήτη διαρρέεται από ρεύμα εκτρέπεται από τη θέση ισορροπίας του. Η εκτροπή του είναι αποτέλεσμα της δύναμης που δέχεται από το μαγνητικό πεδίο.



Σχ. 4.23 Η δύναμη Laplace που ασκεί το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από τον αγωγό και τις δυναμικές γραμμές. Η φορά της δίνεται από τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.



Εικ. 4.12 Επεξήγηση του κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού για τη δύναμη Laplace.



Δύναμη Lorentz: $F = BIl \sin \varphi$ (1)

$$\vec{\Sigma} \vec{F} = n \cdot \vec{F} \Rightarrow F_L = \text{δύναμη Laplace, δηλ.}$$

είναι συνιστώσα όλων των δυνάμεων Lorentz που δρουν στα υλικά μέρη κυρτιά (σώμα του ηλεκτρικού ρεύματος).

Αποδεικνύεται οα : $F_L = BIl \sin \varphi$ Μέτρο

$B = \text{ένταση των ο.μ.η}$

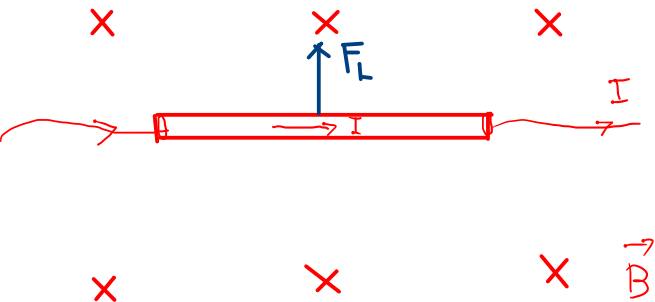
$I = \text{ένταση των ηλεκτρικών ρεύματος}$

$l = \text{το μήκος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο ο.μ.η}$

$$\hat{\varphi} = (\vec{B}, \vec{I})$$

Διεύθυνση: κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν οι δυναμικές γραμμές με τον αγωγό.

Φορά: που καθορίζεται από τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.

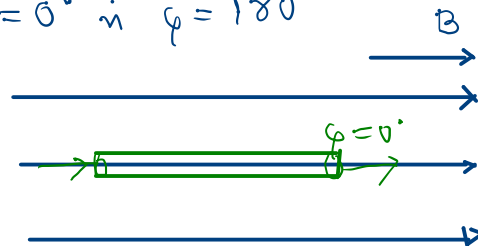


$$a) \hat{\varphi} = 90^\circ \Rightarrow n \mu \sin 90^\circ = 1$$

$$F_L = B I l n \mu \sin 90^\circ \Rightarrow \underline{F_L = B I l} (= F_{L \max})$$

$$-1 \leq n \mu \sin \varphi \leq 1$$

$$b) \varphi = 0^\circ \text{ ή } \varphi = 180^\circ$$



$$n \mu \sin 0^\circ = n \mu \sin 180^\circ = 0 \Rightarrow \underline{F_L = 0}.$$

Δηλ. ένας ραβδωφόρος αγωγός ίσων
 τμημάτων // στις δυν. γραμμών
 δυν. διεγέρτη δύναμης Laplace

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.3

Στο σχήμα 4.25 φαίνεται ένας ζυγός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση μαγνητικών πεδίων.

Ένας συμμάτνιος βρόχος που διαρρέεται από γνωστό ρεύμα εμβαπτίζεται μερικώς μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη στα τμήματα του βρόχου που βρίσκονται εντός του πεδίου. Οι δυνάμεις που ασκούνται στα κατακόρυφα τμήματα του βρόχου αλληλοεξουδετερώνονται, ενώ η δύναμη που ασκείται στο οριζόντιο τμήμα του μπορεί να μετρηθεί με το ζυγό. Αυτό δίνει τη δυνατότητα μέτρησης του μαγνητικού πεδίου. Έστω ότι το οριζόντιο τμήμα του αγωγού έχει μήκος 10 cm διαρρέεται από ρεύμα 2 A και η μαγνητική δύναμη που μετράμε με το ζυγό έχει τιμή 0,1 N. Πόσο είναι το μαγνητικό πεδίο;

Απάντηση:

Επειδή το οριζόντιο τμήμα του βρόχου είναι κάθετο στο B η δύναμη που δέχεται από το μαγνητικό πεδίο και την οποία μετράμε με το ζυγό είναι

$$F = BIl$$

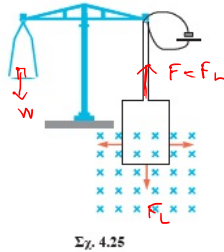
$$B = \frac{F}{Il} = \frac{0,1 \text{ N}}{2 \text{ A} \times 0,1 \text{ m}} = 0,5 \text{ T}$$

επομένως

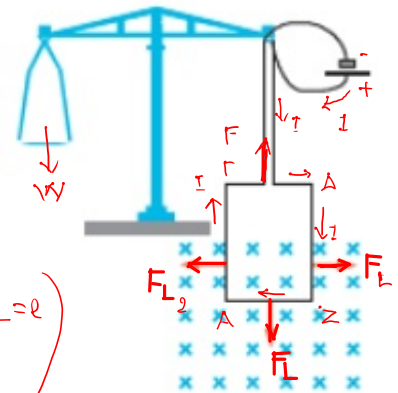
$$\left. \begin{array}{l} AZ : F_{L1} = BI \cdot (\Delta z) \\ \Gamma\Gamma : F_{L2} = BI(\Delta \Gamma) \end{array} \right\} \begin{array}{l} (\Delta z) = (\Delta \Gamma) \\ \Rightarrow F_{L1} = F_{L2} \Rightarrow \Sigma F_{L(1,2)} = 0 \end{array}$$

$$\text{JI } \Sigma F \text{ στo οριζόντιο } \Gamma\Gamma \Delta z : \Sigma F = F_L = BI \cdot (\Delta z) = BI l \Rightarrow F = BI l = w \Rightarrow BI l = 0,1 \Rightarrow B \cdot 2 \cdot 0,1 = 0,1 \Rightarrow$$

$$B = \frac{0,1}{2 \cdot 0,1} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{B = 0,5 \text{ T}}$$



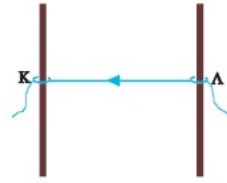
Σχ. 4.25



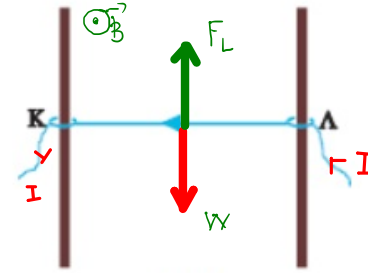
Σχ. 4.25

$$\left. \begin{array}{l} \Delta z = \Delta \Gamma = 10 \text{ cm} = l \\ I = 2 \text{ A} \\ F = 0,1 \text{ N} \\ B = ? \end{array} \right\}$$

4.50 Ο αγωγός ΚΛ (σχ. 4.42) έχει μάζα 40 g και μήκος $l = 0,5$ m, είναι οριζόντιος και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε δύο κατακόρυφους οδηγούς από μονωτικό υλικό. Τα άκρα Κ και Λ του αγωγού συνδέονται με πηγή, οπότε ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10 A. Όλο το σύστημα βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$, κάθετο στο επίπεδο που ορίζεται από τον ΚΛ και τους κατακόρυφους οδηγούς.



Σχ. 4.42



Σχ. 4.42

- α) Ποια είναι η φορά και το μέτρο του μαγνητικού πεδίου ώστε ο αγωγός ΚΛ να ισορροπεί;
β) Ποιο πρέπει να είναι το μέτρο του μαγνητικού πεδίου $\vec{B}$ ώστε ο αγωγός να κινείται προς τα κάτω με επιτάχυνση $\alpha = 2 \text{ m/s}^2$.

Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.

[Απ: α) $8 \times 10^{-2} \text{ T}$ β) $6,4 \times 10^{-2} \text{ T}$]

$$m = 40 \text{ g} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

$$l = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Τριβές} = 0$$

$$I = 10 \text{ A}$$

α) $\vec{B} = ?$ ισορροπεί:

β) $B = ?$ $\downarrow \alpha = 2 \text{ m/s}^2$

α) Για να ισορροπεί ο αγωγός θα πρέπει: $\sum F = 0 \Rightarrow F_L = W \Rightarrow$

$$B I l = mg \Rightarrow B = \frac{mg}{I l} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 10}{10 \cdot 0,5} = \frac{40}{5} \cdot 10^{-2} \Rightarrow \underline{B = 8 \cdot 10^{-2} \text{ T}}$$

Με τον νόμο των τριών δυνάμεων των δυνάμεων χωρίς

αντικείμενο:

δυνάμεις: $\vec{B}$

Μέγεθος: F_L

$\Rightarrow$ συμπληρώνεται ότι το OMN έχει $\vec{B}$ προς από το τετράδιο προς τα έξω $\odot$

$$W = mg \rightarrow g = 10 \text{ m/s}^2$$

$\downarrow \alpha = 2 \text{ m/s}^2$ Επειδή: $\alpha < g \Rightarrow F_L \uparrow W$ (φορά προς τα πάνω)

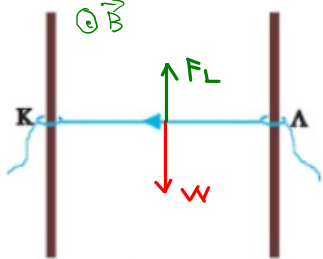
2ος Ν. Νεύτωνος: $\sum F = ma \Rightarrow W - F_L = ma \Rightarrow mg - B I l = ma \Rightarrow mg - ma = B I l \Rightarrow$

$$B = \frac{m(g - \alpha)}{I l} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot (10 - 2)}{10 \cdot 0,5} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 8}{5} = \frac{32}{5} \cdot 10^{-2} \Rightarrow$$

$$\underline{B = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ T}}$$



αυτή ζητήθηκε
κατά την άσκηση.



Σχ. 4.42

$$\hat{\phi} = 90 \Rightarrow \eta \mu_0 v = 1 \Rightarrow$$

$$F_L = B I l \Rightarrow \boxed{B = \frac{F_L}{I l}}$$

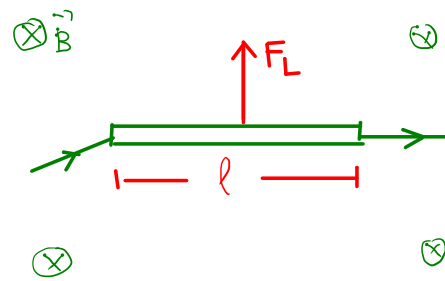
← ορισμός έντασης ($\vec{B}$) του Μ.Π

Ορισμός του 1 Tesla:

$$F_L = 1\text{N}$$

$$I = 1\text{A}, l = 1\text{m}$$

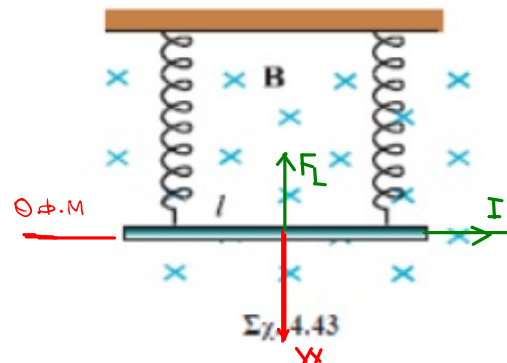
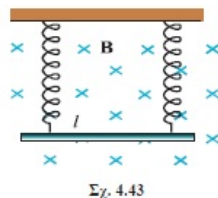
$$B = \frac{1\text{N}}{1\text{A} \cdot 1\text{m}} \rightarrow 1\text{Tesla (1T)} : \boxed{1\text{T} = \frac{1\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}}$$



(505)

4.51

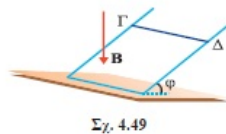
Ο ευθύγραμμος αγωγός του σχήματος 4.43 έχει μάζα $m = 10 \text{ gr}$, μήκος $l = 1 \text{ m}$ και κρέμεται κατακόρυφα από δύο όμοια ελατήρια. Όλο το σύστημα βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $B = 0,2 \text{ T}$. Να σχεδιαστεί η φορά του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό και να υπολογιστεί η τιμή του ώστε αυτός να ισορροπεί χωρίς να δέχεται δύναμη από τα ελατήρια (τα ελατήρια να διατηρούν το φυσικό τους μήκος). Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.
[Απ: $0,5 \text{ A}$]



$$m = 10 \text{ g} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 10^{-2} \text{ kg}$$
$$B = 0,2 \text{ T}$$

$$\sum F = 0 \Rightarrow F_L = mg \Rightarrow BIl = mg \Rightarrow$$
$$I = \frac{mg}{Bl} = \frac{10^{-2} \cdot 10}{0,2 \cdot 1} = \frac{10^{-1}}{0,2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{I = 0,5 \text{ A}}$$

- 4.62 Αγωγός ΓΔ μάζας $m = 60 \text{ gr}$ και μήκους $l = 20 \text{ cm}$, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές μένοντας συνεχώς οριζόντιος, πάνω σε δύο παράλληλες ράβδους από μονωτικό υλικό που σχηματίζουν γωνία $\varphi = 30^\circ$ με την οριζόντια διεύθυνση. Το όλο σύστημα βρίσκεται μέσα σε ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο, $B = 1 \text{ T}$ (σχ. 4.49). Να βρείτε τη φορά και την ένταση του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό ΓΔ ώστε να ισορροπεί. Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.
[Απ: $\sqrt{3} \text{ A}$]



4-11 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε ότι όταν ένας ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο δέχεται δύναμη από αυτό. Γνωρίζουμε επίσης ότι ένας αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα δημιουργεί δικό του μαγνητικό πεδίο. Έτσι, αν τοποθετήσουμε κοντά δύο ρευματοφόρους αγωγούς, το μαγνητικό πεδίο του ενός θα ασκεί δύναμη στον άλλον.

Οι παράλληλοι αγωγοί του σχήματος 4.26 έχουν πολύ μεγάλο μήκος, διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα I_1 και I_2 και απέχουν μεταξύ τους απόσταση a . Ο αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα I_1 , δημιουργεί, στην περιοχή που βρίσκεται ο αγωγός I_2 , μαγνητικό πεδίο B_1 . Το B_1 είναι κάθετο στον αγωγό, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.27 και το μέτρο του είναι

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1}{a} \tag{4.21}$$

Σύμφωνα με το νόμο του Laplace, η μαγνητική δύναμη που δέχεται ένα τμήμα του δεύτερου αγωγού, μήκους l , επειδή βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο B_1 , είναι

$$F_2 = B_1 I_2 l$$

που, λόγω της (4.21), γίνεται

$$F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{a} l$$

(4.22)

Μπορούμε να εκφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό και ως δύναμη ανά μονάδα μήκους

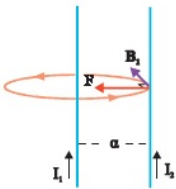
$$\frac{F_2}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{a}$$

Με τον κανόνα των τριών δακτύλων, βρίσκουμε ότι η δύναμη F_2 κατευθύνεται προς τον πρώτο αγωγό. Με ανάλογο τρόπο βρίσκουμε και τη δύναμη F_1 που ασκεί ο δεύτερος αγωγός σε τμήμα μήκους l του πρώτου. Η δύναμη αυτή είναι αντίθετη της F_2 . Όταν λοιπόν οι αγωγοί διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα έλκονται. Όταν τα ρεύματα είναι αντίρροπα οι αγωγοί απωθούνται. Επομένως

Παράλληλοι αγωγοί που διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα έλκονται, ενώ παράλληλοι αγωγοί που διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα απωθούνται. Το μέτρο της δύναμης με την οποία έλκονται ή απωθούνται δίνεται από τη σχέση (4.22)

Η δύναμη αυτή χρησιμοποιείται για να ορίσουμε τη μονάδα έντασης ηλεκτρικού ρεύματος το ampere, ως εξής:

1 A είναι το ρεύμα που όταν διαρρέει καθένα από δύο παράλληλους αγωγούς που βρίσκονται σε απόσταση 1 m μεταξύ τους, ο ένας αγωγός ασκεί σε κάθε μέτρο του άλλου δύναμη 2×10^{-7} N.



Σχ. 4.26 Ο αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1 , δημιουργεί μαγνητικό πεδίο που στα σημεία του δεύτερου αγωγού έχει ένταση B_1 . Το μαγνητικό πεδίο B_1 ασκεί στο δεύτερο αγωγό δύναμη Laplace F .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.4

Τρεις αγωγοί πολύ μεγάλου μήκους είναι παράλληλοι, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα, ο πρώτος $I_1 = 8 \text{ A}$, ο δεύτερος I_2 και ο τρίτος $I_3 = 2 \text{ A}$, όπως στο σχήμα 4.27. Αν ο πρώτος και τρίτος αγωγός απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 10 \text{ cm}$, να βρεθεί πού πρέπει να βρίσκεται ο δεύτερος αγωγός ώστε να ισορροπεί.

Απάντηση:

Έστω ότι για να ισορροπεί ο δεύτερος αγωγός πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση x από τον πρώτο. Ο πρώτος αγωγός ασκεί σε τμήμα του δεύτερου, μήκους l , ηλεκτική δύναμη

$$F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi x}$$

Ο τρίτος ασκεί στο ίδιο τμήμα του δεύτερου επίσης ηλεκτική δύναμη

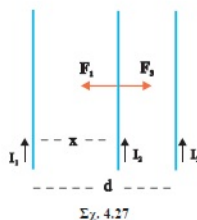
$$F_3 = \frac{\mu_0 I_3 I_2 l}{2\pi (d-x)}$$

Για να ισορροπεί ο αγωγός πρέπει

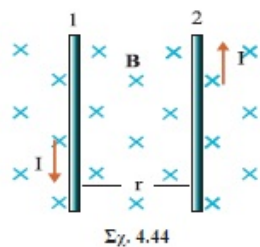
$$F_1 = F_3 \text{ επομένως } \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi x} = \frac{\mu_0 I_3 I_2 l}{2\pi (d-x)}$$

Από την τελευταία σχέση προκύπτει $\frac{I_1}{x} = \frac{I_3}{(d-x)}$ ή $4d = 5x$ οπότε

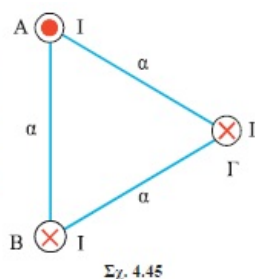
$x = 8 \text{ cm}$



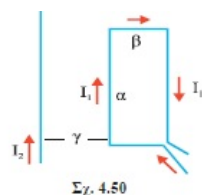
- 4.53 Δύο παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα $I = 10 \text{ A}$ και βρίσκονται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $B = 0,5 \times 10^{-4} \text{ T}$, με το επίπεδο που ορίζουν κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου (σχ. 4.44). Ο αγωγός 1 είναι ακλόνητα στερεωμένος και ο αγωγός 2 ελεύθερος να κινηθεί. Να υπολογιστεί ποια πρέπει να είναι η μεταξύ τους απόσταση r ώστε ο αγωγός 2 να ισορροπεί. Δίνεται $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A}$.
[Απ: 4 cm]



- 4.54 Τρεις παράλληλοι μεταλλικοί αγωγοί A, B, και Γ διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας έντασης $I = 50\text{ A}$ και απέχουν ανά δύο απόσταση $a = 30\text{ cm}$. Στο σχήμα 4.45 παριστάνεται η τομή των τριών αγωγών με επίπεδο κάθετο σε αυτούς. Οι αγωγοί B και Γ διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα ενώ οι αγωγοί A και B διαρρέονται με αντίρροπα ρεύματα. Να υπολογιστεί το μέτρο της δύναμης που δέχεται η μονάδα μήκους του αγωγού Γ από τους άλλους δύο αγωγούς.
Δίνεται $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T m/A}$.
[Απ: $166,7 \times 10^{-5}\text{ N/m}$]



- 4.63 Ορθογώνιο πλαίσιο έχει πλευρές α και β και διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1 (σχ. 4.50). Ένας ευθύγραμμος αγωγός πολύ μεγάλου μήκους βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το πλαίσιο, διαρρέεται από ρεύμα I_2 , είναι παράλληλος με τις πλευρές του πλαισίου μήκους α και απέχει από την πιο κοντινή πλευρά απόσταση γ . Να υπολογιστεί η συνολική δύναμη που δέχεται το πλαίσιο από τον ευθύγραμμο αγωγό. Δίνονται τα μ_0 , I_1 , I_2 , α , β , γ .



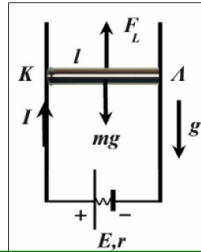
[Απ: $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \alpha \beta}{2\pi \gamma (\gamma + \beta)}$]

B1.13 Στη διάταξη του σχήματος ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος L , μάζα m και ωμική αντίσταση R και ισορροπεί μέσα στο κατακόρυφο βαρυτικό πεδίο έντασης g και στο μαγνητικό πεδίο έντασης B που είναι κάθετο στη σελίδα. Ο αγωγός τροφοδοτείται από πηγή με ΗΕΔ, E και εσωτερική αντίσταση $r=R$ και στέκεται χωρίς τριβές ανάμεσα από δύο κατακόρυφους στύλους, που έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου

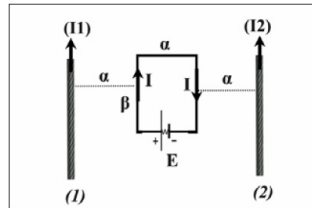
α. έχει μέτρο $B = \frac{mgR}{El}$ και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα

β. έχει μέτρο $B = \frac{2mgR}{El}$ και φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη

γ. έχει μέτρο $B = \frac{2mgR}{El}$ και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα



B1.15 Το ορθογώνιο συρμάτινο πλαίσιο έχει τις οριζόντιες πλευρές α και τις κατακόρυφες β . Τροφοδοτείται από ιδανική ηλεκτρική πηγή και διαρρέεται από ρεύμα έντασης I . Είναι τοποθετημένο ανάμεσα από δύο παράλληλους αγωγούς (1) και (2) και κάθε παράλληλη προς αυτούς πλευρά απέχει απόσταση a , από αυτούς. Οι αγωγοί διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα έντασης $I_1=2I$ και $I_2=4I$. Η συνισταμένη δύναμη Laplace που δέχεται πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο των δύο αγωγών (1) και (2) είναι

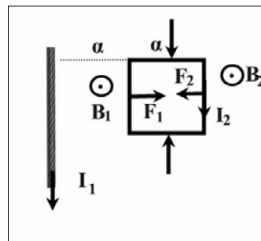


α. $\Sigma F = \frac{6k_{\mu}I^2\beta}{a}$

β. $\Sigma F = \frac{k_{\mu}I^2\beta}{a}$

γ. α. $\Sigma F = \frac{8k_{\mu}I^2\beta}{a}$

B1.16 Στο διπλανό σχήμα απεικονίζονται ένας ευθύγραμμος αγωγός πολύ μεγάλου μήκους που διαρρέεται με σταθερό ρεύμα έντασης I_1 και σε απόσταση a τετραγωνικό πλαίσιο ομοεπίπεδο με τον ευθύγραμμο αγωγό. Το πλαίσιο έχει πλευρά μήκους a μάζα m , και διαρρέεται με ρεύμα έντασης I_2 με φορά όπως αυτή των δεικτών του ρολογιού. Οι αγωγοί βρίσκονται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο και τους κρατάμε ακίνητους. Όταν αφήσουμε ελεύθερο το πλαίσιο αυτό θα



α. ισορροπήσει.

β. κινηθεί προς τα δεξιά με αρχική επιτάχυνση $a = 3k_{\mu}I_1I_2/m$

γ. κινηθεί προς τα αριστερά με αρχική επιτάχυνση $a = k_{\mu}I_1I_2/m$

δ. κινηθεί προς τα δεξιά με αρχική επιτάχυνση $a = k_{\mu}I_1I_2/m$