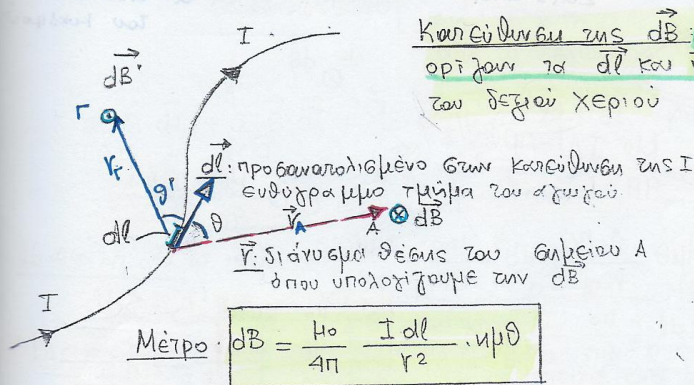


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

σελ. 1

Νόμος των Biot και Savart

Τι υπολογίζουμε: Το μέτρο και την κατεύθυνση στοιχειώδους $d\vec{B}$ που δημιουργεί στοιχειώδες dl ενός περμαφορικού αγωγού σε επίπεδο A , γύρω από τον αγωγό.



Κανόνας δεξιών χεριού:

Παλάμη στο επίπεδο των dl και $\vec{r}$ (είσω χεριού)

Αντίχειρας: ρεύμα

4 δάκτυλα: $d\vec{B}$

ή: Αν στρέψω τα 4 δάκτυλα από dl προς $\vec{r}$, ο αντίχειρας δείχνει την $d\vec{B}$.

όπου μ_0 : μαγνητική διαπερατότητα του κενού

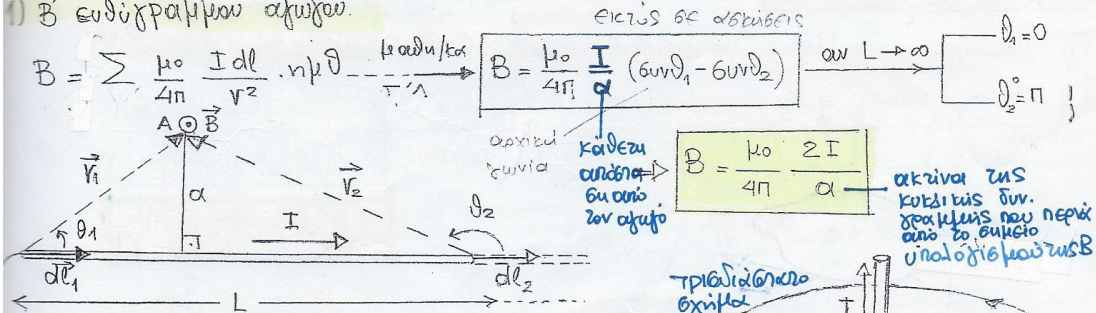
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \text{ ή } \frac{N}{A^2} \text{ ή } \frac{V \cdot s}{m \cdot A}$$

δυναμίζεται και: $k_m = \frac{\mu_0}{4\pi}$: μαγνητική σταθερά

Μαγνητικό πεδίο από όλο τον αγωγό: $\vec{B} = \sum d\vec{B}$ από όλα τα dl

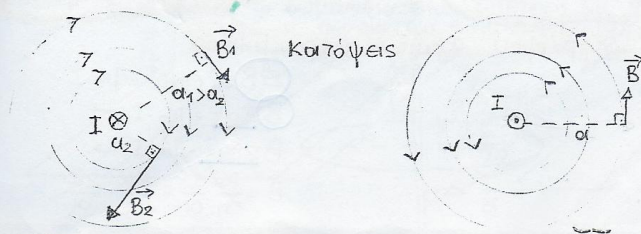
Εφαρμογές:

1) $\vec{B}$ ευθύγραμμου αγωγού



Μορφή Μ.Π. ευθύγραμμου αγωγού απείρου μήκους

Μαγνητικές γραμμές: Ομόκεντροι κύκλοι με κέντρο σημείο του αγωγού ή σε επίπεδο κάθετο στον αγωγό



Κανόνας δεξιών χεριού

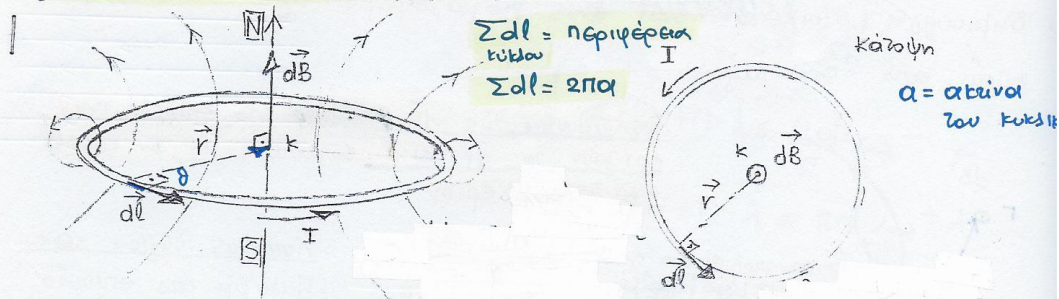
4 δάκτυλα: φορά δυν. γραμμής

Αντίχειρας: φορά I

αγώγιμο πεδίο δέσμης N ευθύγραμμων αειρών πετκών με την ίδια ένταση σελ. 2

$$B_{ολ} = N \cdot \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{a}$$

Μαγνητικό πεδίο κυκλικών αγωγών στο κέντρο του



Το μέτρο $dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl}{r^2} \cdot \eta\mu\theta$ $\xrightarrow[r=a]{\theta=\pi/2}$ $dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \cdot dl}{a^2}$ Πως είναι το ίδιο για κάθε d

οπότε $B = \sum dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a^2} \sum dl = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a^2} 2\pi a \Rightarrow B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I}{a}$

Κανόνας δεξιού χεριού: 4 δακτύλα φορά I → αντίχειρας φορά B.

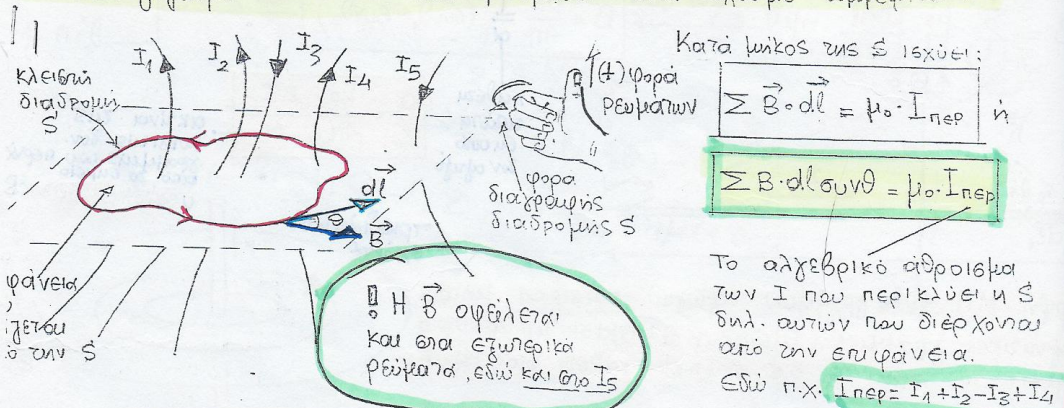
Μορφή πεδίου: Ανομοιογενές όπως ραδιομορφή μαγνήτη.

Μαγνητικό πεδίο στο κέντρο πλαισίου N κυκλικών εστρώων ίδιας έντασης I

$$B_{ολ} = N \cdot \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I}{a}$$

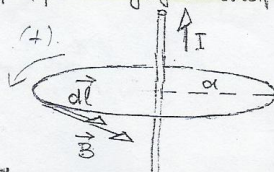
Νόμος του Ampere

Τι υπολογίζουμε: Πάλι B από ρεύματα όταν έχουμε συμμετρικά Μ.Π. (σταθερά) (σταθερά)



φαρμακία: Υπολογισμός μέτρου B ευθύγραμμων αγωγών αειρών μήκους

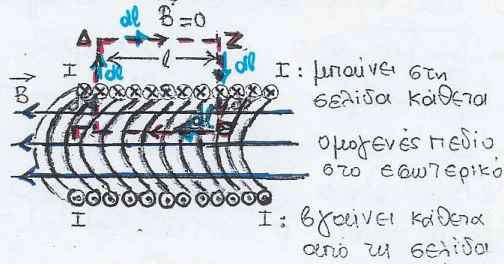
Ξέρω ότι οι μαγν.δυν.γραμμές είναι ομόκεντροι κύκλοι, άρα επιλέγω κυκλική κλειστή διαδρομή ακτίνας α



$$\begin{aligned} \oint B dl \cos 0^\circ &= \mu_0 \cdot I \\ B \oint dl &= \mu_0 \cdot I \rightarrow \\ B 2\pi a &= \mu_0 \cdot I \rightarrow \\ B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{a} \end{aligned}$$

Μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς πηνίου

Τριεδρίαδοταξη τομή του εσωτερικού σε κεντρικό τμήμα



Ορθογώνια κλειστή διαδρομή ΓΔΖΘΓ που περικλύει N σπείρες.

Από τον Ν. Αμπερέ:

$$\sum \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{περ}} \Rightarrow \sum \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 NI \Rightarrow \text{σπείρες ανά μονάδα μήκους}$$

$$\sum_{(\Gamma\Delta)} \vec{B} \cdot d\vec{l} + \sum_{(\Delta\text{Z})} \vec{B} \cdot d\vec{l} + \sum_{(\text{Z}\Theta)} \vec{B} \cdot d\vec{l} + \sum_{(\Theta\Gamma)} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 NI$$

L πηλός σπειρών

Στα $\Gamma\Delta$ και $\text{Z}\Theta$ στα τμήματα εντός είναι $\vec{B} \perp d\vec{l} \Rightarrow \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$, ενώ εκτός $\vec{B} = 0$, όπως μένει το $\Theta\Gamma$, όπου $\vec{B} \cdot d\vec{l} = B dl \cos 0$

$$\text{άρα τελικά } \sum B dl = \mu_0 NI \Rightarrow B \sum dl = \mu_0 NI \Rightarrow B \cdot l = \mu_0 NI \Rightarrow$$

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \rightarrow B = \mu_0 \cdot n I$$

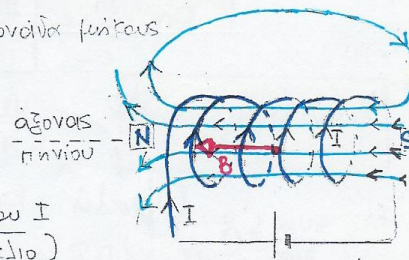
$n = \frac{N}{l}$ σπείρες ανά μονάδα μήκους

Έξω από το πηνίο το Μ.Π. είναι όπως του ραβδόμορφου μαγνήτη και στο εσωτερικό ομογενές.

(βλέπουμε τα νύχια)

Κανόνας δεξιού χεριού: 4 δακτύλοι $\rightarrow$ φορά του I όπως των βλέπουμε εκεί (στο εσωτερικό ημικύκλιο)

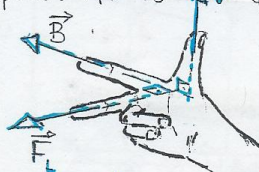
στις σπείρες και αντίχειρας $\rightarrow$ φορά B στο εσωτερικό ή τον North πό



Στα άκρα του πηνίου $B' = \frac{B}{2}$ ή μισό από αυτό στο κέντρο.

Μαγνητική δύναμη $\vec{F}_L$ σε κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο - δύναμη Lorentz

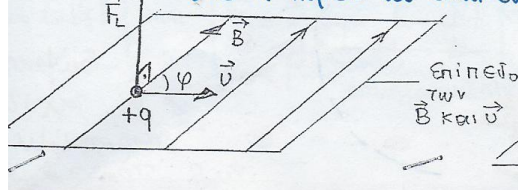
Η $\vec{F}_L$ είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν τα διανύσματα $\vec{v}$ και $\vec{B}$ και η φορά της προσδιορίζεται από τον κανόνα των 3 δακτύλων του δεξιού χεριού. Αν το $\Delta\vec{v}$ φορτίο είναι αρνητικό τότε: $\leftarrow$ αντιστρέφουμε την $\vec{v}$ ή $\vec{F}_L$ είναι αντίθετη δουλεύω με το αριστερό χέρι.



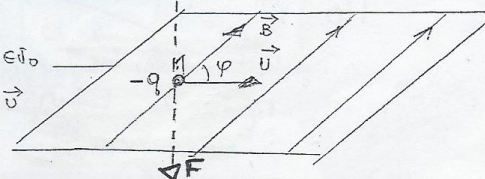
Το μέτρο της F_L δίνεται από τη σχέση:

$$F_L = |q| v B \cdot \sin \varphi$$

Αν το σωματίδιο είναι ουδέτερο $q=0$ τότε η πορεία του είναι ευθύγραμμη.



Επίπεδο των $\vec{B}$ και $\vec{v}$

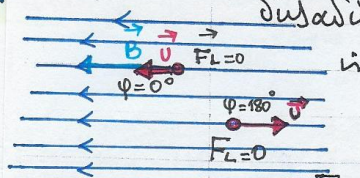


$$\vec{F}_L \perp \vec{v} \Rightarrow W_{F_L} = 0 \Rightarrow \Delta K = 0$$

Η $\vec{F}_L$ μεταβάλλει κατεύθυνση όχι μέτρο της $\vec{v}$

Κίνηση φορτίου που κινείται ενός ομογ. μαγν. πεδ.

A) Ταχύτητα παράλληλη στις συν. γραμμές
 Διεύθυνση $\vec{v} \parallel \vec{B}$ άρα $\eta\mu\varphi = \eta\mu 0^\circ = 0$



$\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{B}$ άρα $\eta\mu\varphi = \eta\mu 180^\circ = 0$

$\Rightarrow F_L = |q|vB\eta\mu\varphi = 0 \rightarrow$ Δεν επιδράει ως προς $\vec{v}$

$\rightarrow$ κάνει ευθύγραμμη ομαλή!

B) Ταχύτητα κάθετη στις συν. γραμμές
 Διεύθ. $\vec{v} \perp \vec{B}$ άρα $\eta\mu\varphi = \eta\mu 90^\circ = 1$

Οπότε $F_L = |q|vB = \text{const.}$ παίγει τον ρόλο ως κεντρομόλου
 αλλά με $\vec{F}_L \perp \vec{v} \Rightarrow F_L = F_k$

Ομαλή κυκλική κίνηση (ή μέρος ομ. κυκλ.)
 Άρα

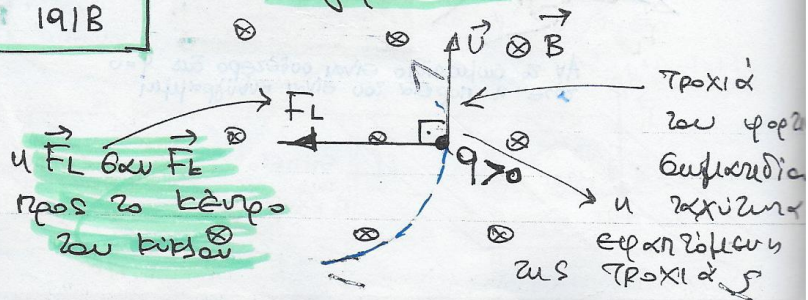
$$|q|vB = \frac{mv^2}{R} \rightarrow \boxed{R = \frac{mv}{|q|B}}$$

Περίοδος T

$$v = \frac{2\pi R}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} \rightarrow T = \frac{2\pi m}{|q|B}$$

$$\boxed{T = \frac{2\pi m}{|q|B}} \rightarrow \text{ανεξάρτητη ως προς } v$$

Tip.



Πείραμα Thomson για υπολογισμό του ειδικού φορτίου του e^- : $\frac{|q_e|}{m_{e^-}}$

Βλέπε σχήμα σελ. 160 βιβλίου

Αντί λόγω θερμικών κινήσεων φύγουν e^- από το μέταλλο της καθόδου, επιταχύνονται από τάση V και στη συνέχεια περνάνε από φίλτρο ταχυτήτων, για να εξέλθουν χωρίς επιρροή και να πέσουν στην υποδοχή οδών.

Από ΘΜΚΕ στο ΟΗΠ μεταξύ ανόδου - καθόδου

$$K_{\text{αδ}} - K_{\text{φκ}} = W_{\text{Fυλ}}$$

Τάση που επιταχύνει το φορτίο

$$\boxed{\frac{1}{2} m v^2 = |q_e| \cdot V} \rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = e \cdot V \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot V}{m}}} \quad (1)$$

Στο φίλτρο η συνθήκη για ελ. οφθαλμ. σκέυ:

$$v = \frac{E}{B} \quad (2) \xrightarrow{(1)} \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \frac{E}{B} \rightarrow \frac{2eV}{m} = \frac{E^2}{B^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2E^2}{VB^2} \approx 1,75 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

Φαθμερογράφος μαζας

Βλέπε σχήμα βιβλίου

Διαχωρίζει ωμκεντρίδια ίδιας v αφού περάσουν

από το κανάλιο φίλτρο, τα οποία θα

έχουν ίδιο q αλλά διαφορετική μάζα $\rightarrow$ ισοτόνα

Αφού $R = \frac{mv}{|q|B}$ τα ωμκεντρίδια με $m_2 > m_1$,

θα κάνουν υψικύβιο με $R_2 > R_1 \rightarrow d_2 > d_1$

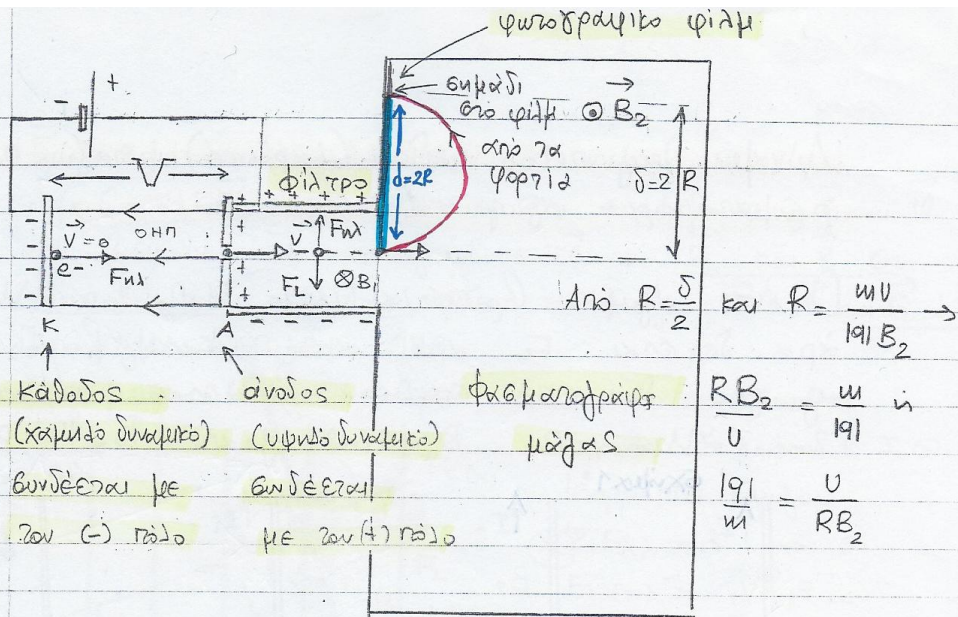
Χρησιμ. διδρ. κίνηση στο Ο.Η.Π. με v_0 και απόσταση L μεταξύ των πλακών:

$$d \text{ ή } L = \frac{1}{2} a t^2$$

$$\text{με } a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F_{\text{υλ}}}{m} = \frac{E \cdot |q|}{m}$$

$$a = \frac{V|q|}{L \cdot m}$$

57
CE



Δύναμη LAPLACE σε αγωγάριο ρεύμα υπό αγωγο
ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου

Η $\vec{F}_L$ είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν η $\vec{B}$ με $\vec{u} \times \vec{I}$
Κατεύθυνση με κανόνα 3 δαχτύλων δεξιά χεριού

Μέτρο της: $F_L = BIL \sin \phi$

το μέγιστο μέγεθος στο ΟΜΗ. $F_{L(max)} = BIL$ όταν $\sin \phi = 1$

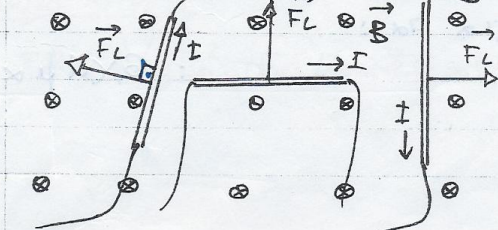
άρα ο αγωγός κάθετος

στον συν. γραμμής και $F_L = 0$ όταν $\sin \phi = 0$

ο αγωγός παράλληλος στον συν. γραμμής

Η $\vec{F}_L$ θα σχεδιάζεται κάθετη στο μέγεθος του αγωγού

αγωγός και $\vec{B}$ ενάντιον στην βελίδα



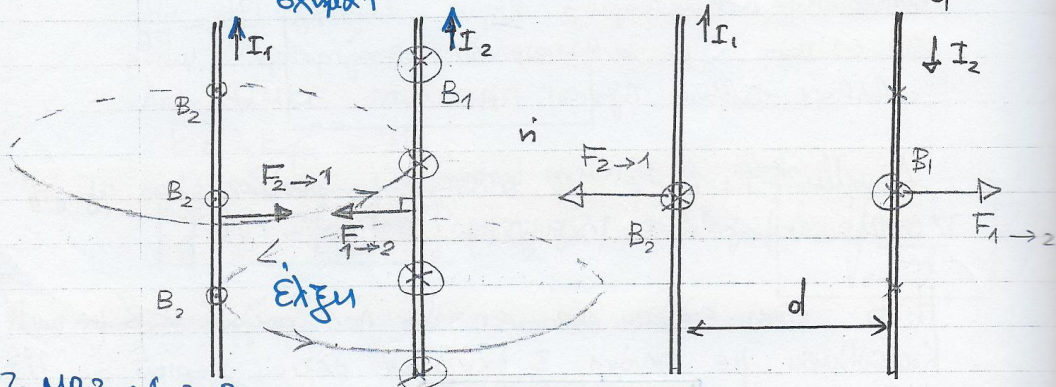
Αγωγός ενάντιον στην βελίδα και $\vec{B}$ κάθετη $\rightarrow \phi = 90^\circ$

* Αν αλλάξει $\vec{B}$ ή $\vec{I}$ $\rightarrow$ αντιστρέφεται η F_L

Δίνεται παραγωγιστέο πεδίο (Laplace) μεταξύ παράλληλων
 ευκαμπτόνων αγωγών (αγωγών τριβών)

Ο ένας αγωγός βρίσκεται στο Μ.Π. του άλλου
 άρα δέχεται F_L από αγωγό. Κάθε μίλιος του
 αγωγού δέχεται σε απόσταση απόσταση d από
 τον άλλο, το $B = \text{απόσταση}$ $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{d}$

Εξήγη 1



το Μ.Π. του 1, το B_1

από F_L στο πεδίο: I_2

Δίνεται από $F_{1 \rightarrow 2} = B_1 \cdot I_2 \cdot l$

του 1 στον 2

και $F_{2 \rightarrow 1} = B_2 \cdot I_1 \cdot l$

ΚΕ
 $B_1 = \frac{\mu_0 2I_1}{4\pi d} \Rightarrow F_{1 \rightarrow 2} = \frac{\mu_0 2I_1 \cdot I_2 \cdot l}{4\pi d}$

$F_{2 \rightarrow 1} = \frac{\mu_0 2I_2 \cdot I_1 \cdot l}{4\pi d}$

και έχουν σχέση δράσης - αντιδράσης
 Έτσι το μέγεθος τους είναι

Δίνεται από τον νόμο του Amper

$F_{\text{mag.}} = \frac{\mu_0 2I_1 \cdot I_2 \cdot l}{4\pi d} \rightarrow \boxed{\frac{F_m}{l} = \frac{\mu_0 2I_1 \cdot I_2}{4\pi \cdot d}}$ σε $\left(\frac{N}{m}\right)$

Αντίστροφα πεδία $\rightarrow$ απωστικά: Εξήγη 2

$\Rightarrow$ το αντίστροφο για τα:

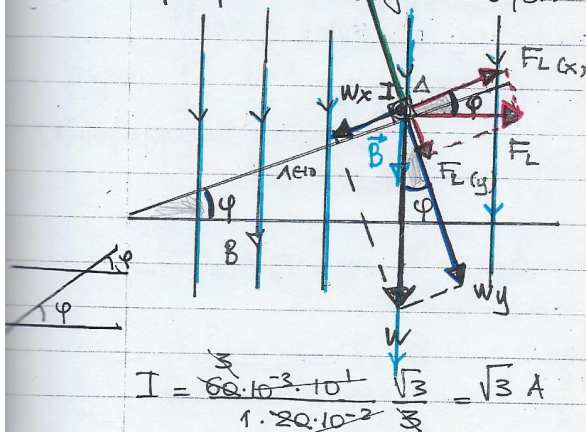
Ομογενή πεδία $\rightarrow$ έλκονται: Εξήγη 1

→ FLAPLACE σε κεκλιμένο

Από το $\vec{F}_L$ είναι το άθροισμα των ενισχυμένων $\vec{B}$ και $\vec{I}$,
 οι οποίες $\vec{F}_L$ και $\vec{I}$ με $\vec{I}$ ή $\vec{F}_L$ και $\vec{B}$ στο
 επίπεδο της βελύδας, τότε σχετίζονται $\vec{F}_L \perp \vec{I}$ και $\vec{F}_L \perp \vec{B}$

** Παράδειγμα 4.62. σελ. 179

Προσέχω: πλάτος ύψους ΔΥΟ διαστάσεων



Κανόνες 3 δακτ. → $I \odot$

Ισορροπία αψευδών

$$\sum F(x) = 0 \rightarrow$$

$$F_L(x) = W(x)$$

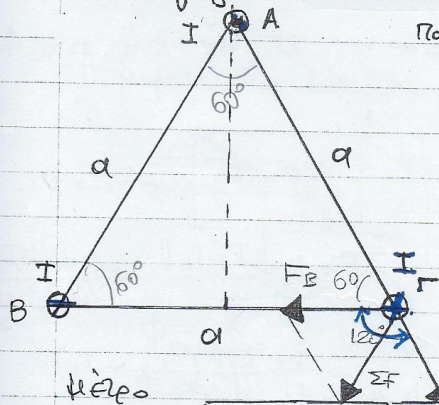
$$F_L \sin \varphi = W \cdot \sin \varphi \Rightarrow$$

$$BIL = W \sin \varphi \Rightarrow$$

$$I = \frac{W \sin \varphi}{B L} \rightarrow \dots$$

$$I = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-1}}{1 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \sqrt{3} \text{ A}$$

Οι αψευδές κέρδονται στην βελύδα και F_L περάζει τους
 Παράδειγμα 4.54 σελ. 160



* Οι F_L θα είναι ενάντια
 στην βελύδα που διεισδύει
 του εσωτ. τμήματος α
 περάζει των αψευδών
 Η φορά των F_L εξαρτάται
 από το αν τα ρεύματα
 είναι ομόρροπα ή αντίρροπα

κέρδο

$$\Sigma F = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2 F_A F_B \cos 120^\circ}$$

$$F_A = F_B = \frac{\mu_0 2 I^2 l}{4 \pi a}$$

$$\Sigma F = \sqrt{2 F_A^2 - F_A^2} \Rightarrow \Sigma F = F_A$$

Δίνονται σε ενδιάμεσο φυσικό χώρο αγωγοί:

1) Από αλυσίδα αγωγού F_M $\left[\begin{array}{l} \text{κατεύθυνση: από αριστερά προς δεξιά} \\ \text{μέτρο } F_M = \frac{\mu_0 2 I_1 I_2 l}{4 \pi d} \end{array} \right.$

2) Από εξωτερικό Ο.Μ.Π. έντασης B $\left[\begin{array}{l} \text{κατεύθυνση: κάθετος στο επίπεδο των αγωγών} \\ \text{μέτρο } F_L = B I l \end{array} \right.$

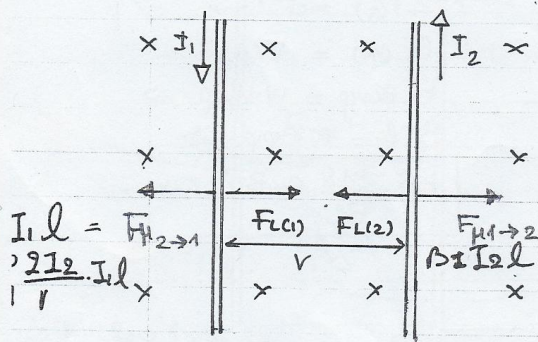
Παράλληλοι φυσικοί αγωγοί εντός Ο.Μ.Π. σταθερού που προϋπάρχει.

Αρα υπάρχουν τρεις αγωγοί 2 F_L

1) Από τον αλυσίδα αγωγού F_M $\rightarrow F_M = \frac{\mu_0 2 I_1 I_2 l}{4 \pi a}$

2) Από τον Ο.Μ.Π. $\rightarrow F_L = B I l$

Παράδειγμα 4.53 ομοιογενή



Τις δυνάμεις που αλληλεπιδρούν (2)

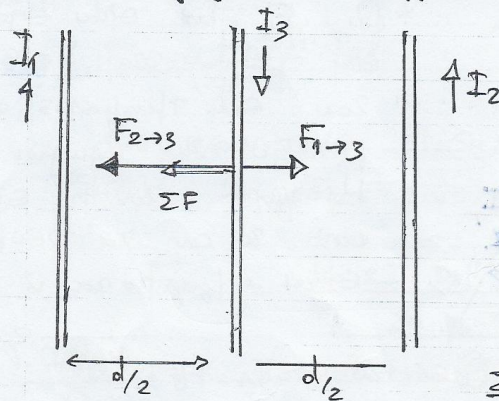
$$\Sigma F = 0 \Rightarrow$$

$$F_{L(2)} = F_{M1 \rightarrow 2} \Rightarrow$$

$$B I_2 l = \frac{\mu_0 2 I_1^2 l}{4 \pi r} \rightarrow$$

$$\rightarrow r = \frac{\mu_0 2 I_1^2}{4 \pi B I_2}$$

Τρεις αγωγοί και ομοιογενής ΣF σε ένα π.χ. 4.52



$$\Sigma F = F_{2 \rightarrow 3} - F_{1 \rightarrow 3}$$

$$\Sigma F = \frac{\mu_0 2 I_2 I_3 l}{4 \pi \frac{d}{2}} - \frac{\mu_0 2 I_1 I_3 l}{4 \pi \frac{d}{2}}$$

$$\Sigma F = \frac{\mu_0 I_3 l}{\pi d} (I_2 - I_1)$$

$$\frac{\Sigma F}{l} = \frac{\mu_0 I_3}{\pi d} (I_2 - I_1)$$