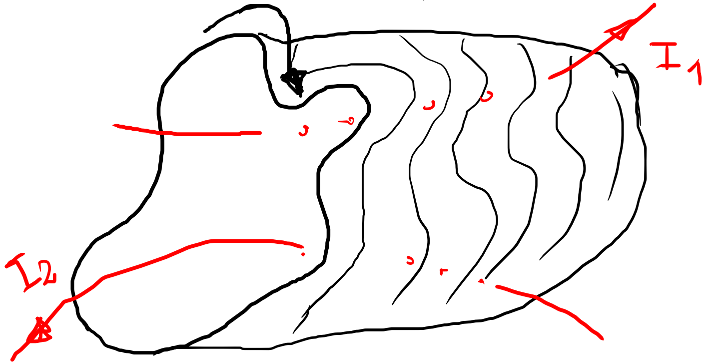
Νόμος Ampere:

$$\boxed{\oint_{\text{κλειστή διαδρομή}} \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I}$$

Σχεδόν η 3η εξίσωση Maxwell

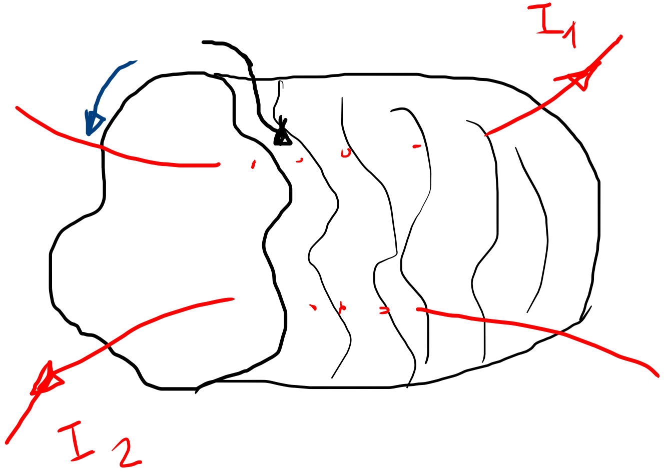
Το ολοκλήρωμα του μαγνητικού πεδίου πάνω σε μια κλειστή διαδρομή ισούται με το μ_0 επί το ρεύμα το οποίο «περιβάλλεται» από την κλειστή διαδρομή.

Θα δούμε ακριβώς τι σημαίνει η έκφραση: το ρεύμα «περιβάλλεται» από την κλειστή διαδρομή.



Η κλειστή διαδρομή είναι το όριο μιας ανοικτής επιφάνειας που μπορεί να είναι επίπεδη, αλλά μπορεί και να μην είναι επίπεδη. Το ρεύμα θα πρέπει να διαπερνά αυτή την επιφάνεια.

Αν περπατάμε την κλειστή διαδρομή με φορά σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού, τότε



$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_1 - I_2)$$

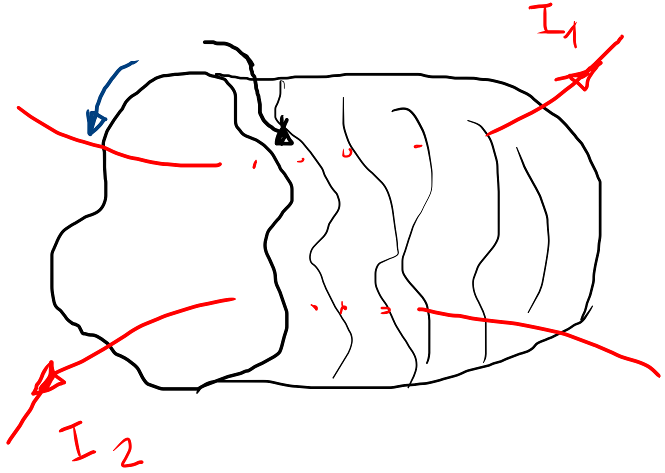
κλειστή διαδρομή

δηλ. με τον κανόνα του δεξιού χεριού ο αντίχειρας δείχνει την φορά της διαδρομής και τα λυγισμένα δάχτυλα δείχνουν το ρεύμα που θα έχει πρόσημο +

$$\oint \vec{B}\cdot dl = \mu_0 (I_2 - I_1)$$

κλειστή διαδρομή με αντίθετη φορά

Στην εφαρμογή του νόμου Ampere για τους υπολογισμούς προσπαθούμε να βρίσκουμε εύκολες κλειστές διαδρομές (π.χ. κύκλους ή τετράγωνα) και μετά να ορίζουμε την επιφάνεια της οποίας είναι όριο η κλειστή διαδρομή.



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_1 - I_2)$$

κλειστή διαδρομή

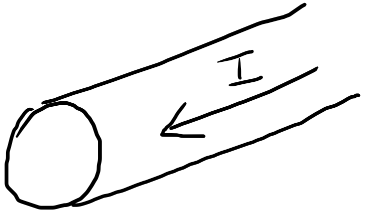
δηλ. με τον κανόνα του δεξιού χεριού ο αντίχειρας δείχνει την φορά της διαδρομής και τα λυγισμένα δάχτυλα δείχνουν το ρεύμα που θα έχει πρόσημο +

$$\oint \vec{B} \cdot dl = \mu_0 (I_2 - I_1)$$

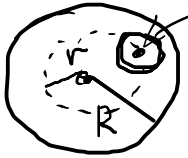
κλειστή διαδρομή με αντίθετη φορά

Στην εφαρμογή του νόμου Ampere για τους υπολογισμούς προσπαθούμε να βρίσκουμε εύκολες κλειστές διαδρομές (π.χ. κύκλους ή τετράγωνα) και μετά να ορίζουμε την επιφάνεια της οποίας είναι όριο η κλειστή διαδρομή.

Χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ampere θα υπολογίσουμε το Μαγν. Πεδίο στο εσωτερικό ενός αγωγού με ρεύμα.



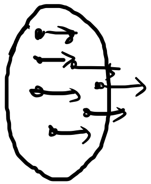
αγωγός 3-διάστατη εικόνα



κάθετη τομή

Δηλ. θα υπολογίσουμε το Μ.Π. για $r < R$

Ορίζουμε την πυκνότητα ρεύματος: $\frac{I}{S}$, S το εμβαδόν της διατομής του αγωγού



η πυκνότητα ρεύματος είναι ομοιόμορφη σε όλη την διατομή:

Ίδιος αριθμός ηλεκτρονίων σε κάθε στοιχειώδες εμβαδόν και όλα τα ηλεκτρόνια με την ίδια ταχύτητα ολίσθησης.

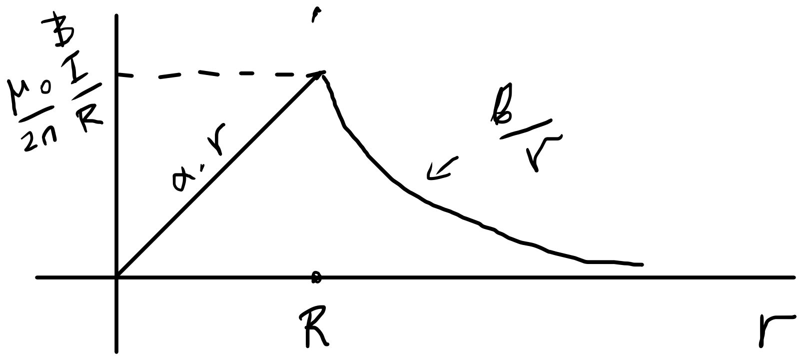
Η εφαρμογή του νόμου Ampere σε κύκλο ακτίνας $r < R$ δίνει:

$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I'$ όπου I' = πυκνότητα ρεύματος · εμβαδόν κύκλου ακτίνας r

δηλ. $I' = \left(\frac{I}{\pi R^2}\right)\cdot \pi r^2 = I\frac{r^2}{R^2}$ έτσι:

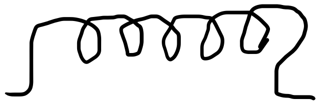
$$B\, 2\pi \cancel{r} = \mu_0 I \frac{r^{\cancel{2}}}{R^2} \Leftrightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R^2}$$ δηλ. B ανάλογο του r

Ενώ έξω από τον αγωγό έχουμε βρει ότι B ανάλογο του $\frac{1}{r}$ $\left(B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}\right)$. Για $r = R$ οι δύο τύποι δίνουν ίδιο αποτέλεσμα.

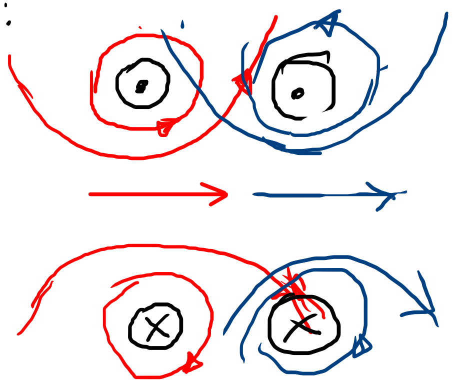


Μαγνητικό Πεδίο σωληνοειδούς (πηνίου)

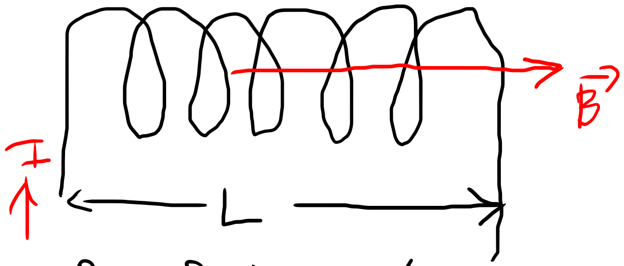
Το σωληνοειδές είναι σύρμα τυλιγμένο



Μπορούμε να φανταστούμε το Μ.Π. ως εξής: αν βάλουμε τον ένα βρόγχο δίπλα στον άλλο: Τότε όσο πιο κοντά είναι οι βρόγχοι, τόσο πιο ομοιόμορφο θα είναι το Μ.Π. μέσα στο σωληνοειδές.

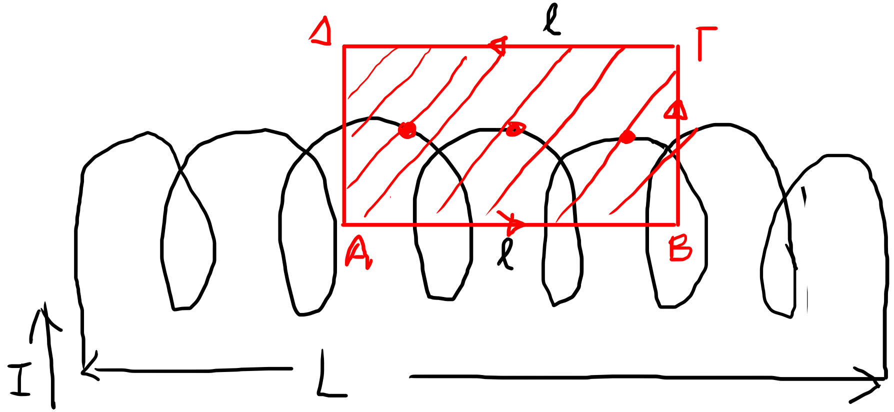


Υπολογισμός με τον νόμο Ampere:



Ο αριθμός των βρόγχων ρεύματος είναι N

Θα υποθέσω ότι στο εσωτερικό του σωληνοειδούς το Μαγν. Πεδίο είναι σταθερό και παράλληλο στον άξονα του σωληνοειδούς και θα πάρω την εξής διαδρομή για να εφαρμόσω τον νόμο Ampere:



Θα υπολογίσω το

$$\oint_{ΑΒΓΔ} \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_{A}^{B} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_{B}^{Γ} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_{Γ}^{Δ} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_{Δ}^{A} \vec{B}\cdot d\vec{l}.$$

Το ολοκλήρωμα $\int_{Γ}^{Δ} \vec{B}\cdot d\vec{l}$ το θεωρώ 0 γιατί υποθέτω ότι $\vec{B}$ έξω από το σωληνοειδές ίσο με 0. Τα $\int_{B}^{Γ} \vec{B}\cdot d\vec{l}$ και $\int_{Δ}^{A} \vec{B}\cdot d\vec{l}$ είναι 0 γιατί το $\vec{B} \perp d\vec{l}$ μέσα στο σωληνοειδές άρα $\vec{B}\cdot d\vec{l} = 0$ $(B\cdot dl\, συν\frac{\pi}{2})$ και $\vec{B} = 0$ έξω από το σωληνοειδές.

Το $\int_{A}^{B} \vec{B}\cdot d\vec{l} = B\int_{A}^{B} dl = Bl$ έτσι το $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = B\cdot l$. Τα ρεύματα που περικλείει ο βρόγχος είναι I x αριθμός σπειρών που τέμνουν το γραμμοσκιασμένο επίπεδο.

Ο αριθμός αυτός είναι $\dfrac{N \leftarrow \text{βρόγχοι σωληνοειδούς}}{L \leftarrow \text{μήκος σωληνοειδούς}} \cdot l \leftarrow$ μήκος του AB

Οπότε $B \cdot l = \mu_0 \dfrac{N}{L} l I \Rightarrow B = \mu_0 \dfrac{N}{L} I$ δηλ.

Το Μ.Π. ισούται με $\mu_0 \cdot$(αριθμός σπειρών ανά μονάδα μήκους)$\cdot I$

αυτό ισχύει καλά όταν L (μήκος σωληνοειδούς) >> R (ακτίνα σωληνοειδούς.

Αριθμητικό παράδειγμα: Ένα πηνίο έχει 2500 σπείρες, μήκος 0.5 m και διαρρέεται από 1 A. Οπότε $B = \mu_0 \dfrac{N}{L} I = 4\pi 10^{-7} \dfrac{2500}{0.5\,m} 1A \simeq 0{,}00628\ T = 62{,}8\ G$