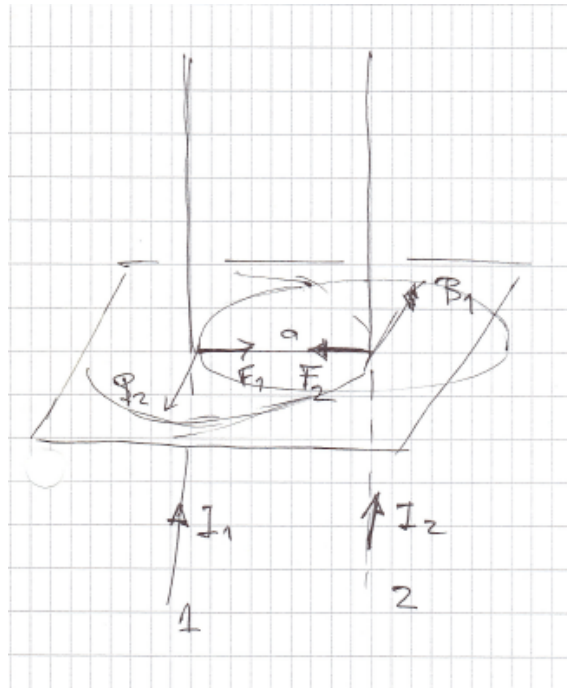


Ο ορισμός της μοναδας Ampère

Ας υπολογίσουμε την μαγνητική δύναμη μεταξύ δύο ευθυγράμμων, παραλλήλων αγωγών 1 και 2 σε απόσταση a , οι οποίοι διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα I_1 και I_2 , όπως στο Σχήμα.



Η μαγνητική επαγωγή την οποία δημιουργεί ο αγωγός 1 στη θέση του αγωγού 2 είναι

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

και η διεύθυνσή της φαίνεται στο Σχήμα.

Η δύναμη Laplace F_2 την οποία δέχεται ένα τμήμα μήκους ℓ_2 του αγωγού 2 έχει την διεύθυνση που φαίνεται στο Σχήμα και μέτρο

$$F_2 = I_2 \ell_2 B_1 \Rightarrow F_2 = I_2 \ell_2 \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \Rightarrow \frac{F_2}{\ell_2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

Με παρόμοιο τρόπο, η μαγνητική επαγωγή την οποία δημιουργεί ο αγωγός 2 στη θέση του αγωγού 1 είναι

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a}$$

και η διεύθυνσή της φαίνεται στο Σχήμα.

Η δύναμη Laplace F_1 την οποία δέχεται ένα τμήμα μήκους ℓ_1 του αγωγού 1 έχει την διεύθυνση που φαίνεται στο Σχήμα και μέτρο

$$F_1 = I_1 \ell_1 B_2 \Rightarrow F_1 = I_1 \ell_1 \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a} \Rightarrow \frac{F_1}{\ell_1} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

Παρατηρούμε ότι οι δύο αγωγοί έλκονται με ίσες δυνάμεις ανά μονάδα μήκους.

Ο αναγνώστης μπορεί να διαπιστώσει ότι εάν τα ρεύματα είναι αντίρροπα, οι δύο αγωγοί απωθούνται με ίσες δυνάμεις ανά μονάδα μήκους.

Εάν οι δύο αγωγοί βρίσκονται σε απόσταση $a = 1m$ και διαρρέονται από ίσα ρεύματα, $I_1 = I_2 = I$, η δύναμη αλληλεπίδρασης ανά μονάδα μήκους είναι

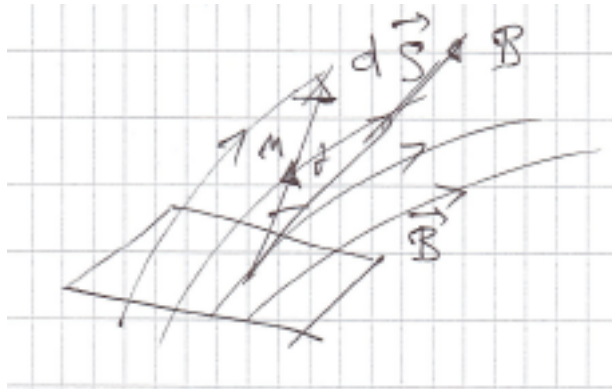
$$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi a}$$

Εφ' όσον $\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{N}{A^2}$, μπορούμε να ορίσουμε την μονάδα 1 A με βάση τον προηγούμενο τύπο, ως εξής:

“1 Ampère είναι το συνεχές και σταθερό ρεύμα που προκαλεί μαγνητική δύναμη $2 \times 10^{-7} N$ ανά μονάδα μήκους όταν διαρρέει δύο παράλληλους αγωγούς απείρου μήκους και αμελητέας διατομής, οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση 1m στο κενό.”

Με βάση τον ορισμό του 1 Ampère, ορίζεται μέσω του τύπου $Q = It$ το 1Coulomb ως το ηλεκτρικό φορτίο το οποίο διέρχεται από μία διατομή ενός αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1 Ampère σε χρόνο 1s.

Η μαγνητική ροή



Μία στοιχειώδης επιφάνεια $d\vec{S} = dS \cdot \hat{n}$ είναι τοποθετημένη σε (ομογενές ή τοπικά ομογενές) μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Ορίζουμε ως στοιχειώδη μαγνητική ροή $d\Phi_m$ που διέρχεται από το $d\vec{S}$, το εσωτερικό γινόμενο

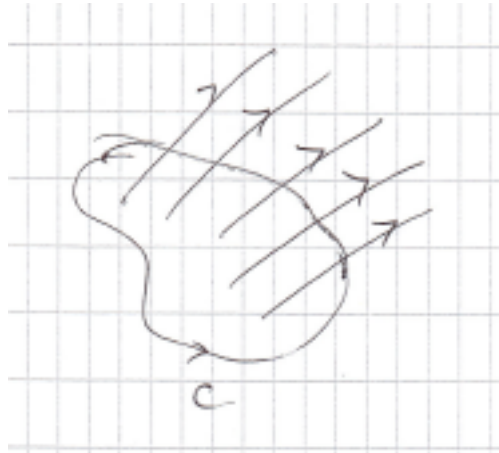
$$d\Phi_m = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B dS \cos\theta$$

όπου θ είναι η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων \vec{B} και $d\vec{S}$.

Η $d\Phi_m$ γίνεται μέγιστη όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη κάθετα στην διεύθυνση του πεδίου. Από τον τύπο ορισμού προκύπτει ότι η $d\Phi_m$ που

© Ν.Γ. Νικολής, Διαλέξεις Ηλεκτρισμού και Μαγνητισμού (2015)

διέρχεται από μία μοναδιαία επιφάνεια τοποθετημένη κάθετα στη διεύθυνση του πεδίου ισούται με το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής. Επομένως, εκφράζει ποσοτικά τον αριθμό των δυναμικών γραμμών που διέρχονται από την επιφάνεια $d\vec{S}$.



Η συνολική μαγνητική ροή που διέρχεται από μία ανοικτή επιφάνεια προσδιορίζεται με ολοκλήρωση των στοιχειωδών ροών που διέρχονται από την επιφάνεια:

$$\Phi_m = \int d\Phi_m = \int_S B dS \cos\theta$$

Εάν το πεδίο είναι ομογενές και η επιφάνεια επίπεδη με εμβαδό S ,

$$\Phi_m = B \int_S dS \cos\theta = BS \cos\theta$$

Η περίπτωση κλειστής επιφάνειας έχει ενδιαφέρον. Οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές δεν έχουν αρχή και τέλος, δηλαδή, είναι κλειστές. Αυτό συμβαίνει διότι δεν υπάρχουν μεμονωμένοι μαγνητικοί πόλοι. Άρα, για κάθε κλειστή επιφάνεια S στο εσωτερικό ενός μαγνητικού πεδίου ισχύει ότι

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

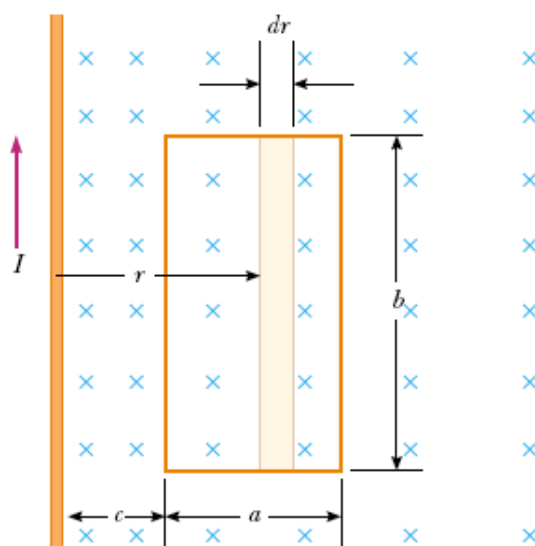
Η έκφραση αυτή αποτελεί τον *θεμελιώδη νόμο της μαγνητικής ροής* ή *νόμο του Gauss για τον μαγνητισμό*.

Μονάδα μαγνητικής ροής είναι το 1 Wb (Weber). Το 1Wb ορίζεται ως η μαγνητική ροή που διέρχεται από επίπεδη επιφάνεια εμβαδού $1m^2$ τοποθετημένης κάθετα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης 1 Tesla: $1Wb = 1T \cdot m^2$.

Άσκηση: Ο αναγνώστης να δείξει ότι η μονάδα της μαγνητικής διαπερατότητας του κενού είναι $1 \frac{Wb}{A \cdot m} = 1 \frac{N}{A^2}$.

Πρόβλημα

Ένας ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από συνεχές σταθερό ρεύμα έντασης I . Να υπολογίσετε την μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα ορθογώνιο περίγραμμα πλάτους a και μήκους b σε απόσταση c από τον αγωγό. Ο αγωγός βρίσκεται στο επίπεδο του περιγράμματος, όπως στο Σχήμα.



Η μαγνητική επαγωγή είναι συνάρτηση της απόστασης r από τον αγωγό

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Χωρίζουμε το περίγραμμα σε στοιχειώδη εμβαδά $dS = bdr$. Η στοιχειώδης μαγνητική ροή που περνά από κάθε τέτοιο τμήμα είναι

$$d\Phi_m = B dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} b dr = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \frac{dr}{r}$$

Η συνολική μαγνητική ροή είναι

$$\Phi_m = \int d\Phi_m = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \int_c^{c+a} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \ln\left(\frac{c+a}{c}\right)$$