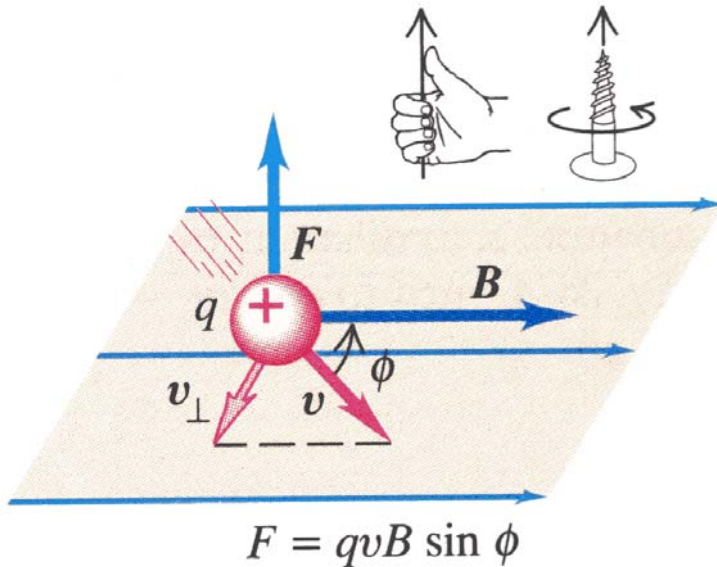


1. Μαγνητικό Πεδίο

- Ένα κινούμενο φορτίο ή ένα ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί ένα **μαγνητικό πεδίο B** στον χώρο.
- Το μαγνητικό πεδίο B ασκεί **δύναμη** πάνω σε κάθε κινούμενο φορτίο ή ένα ηλεκτρικό ρεύμα που βρίσκεται μέσα στο πεδίο. Η δύναμη που ασκείται σε κινούμενο φορτίο είναι:



$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow$$

$$F = |q|v_{\perp}B$$

$$F = |q|vB_{\perp}$$

- Η μονάδα (**tesla**) του μαγνητικού πεδίου είναι:

$$1T = 1 \frac{Ns}{Cm} = 1 \frac{N}{Am}$$

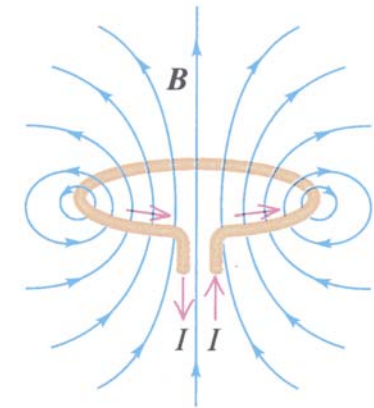
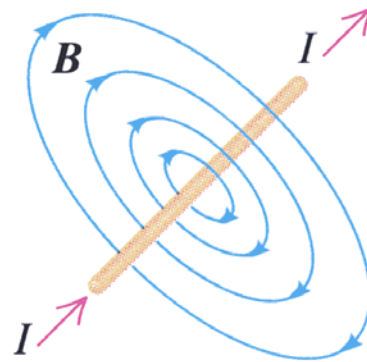
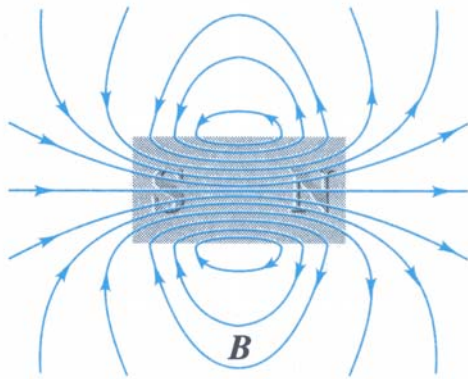
Το μαγνητικό πεδίο της γης είναι της τάξης των $10^{-4}T$, ενώ στην επιφάνεια αστέρα νετρονίων είναι 10^8T .

- Όταν φορτισμένο σωματίο κινείται σε περιοχή, όπου υπάρχουν ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, η ολική δύναμη πάνω του είναι το διανυσματικό άθροισμα της ηλεκτρικής και της μαγνητικής δύναμης.

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

2. Γραμμές του Μαγνητικού Πεδίου

Οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου (και όχι δυναμικές γραμμές) έχουν το άνωσμα του μαγνητικού πεδίου B εφαπτόμενο σε κάθε σημείο τους. Ο αριθμός τους που σχεδιάζεται σε κάποιο σημείο είναι ανάλογος του μαγνητικού πεδίου στο σημείο αυτό.



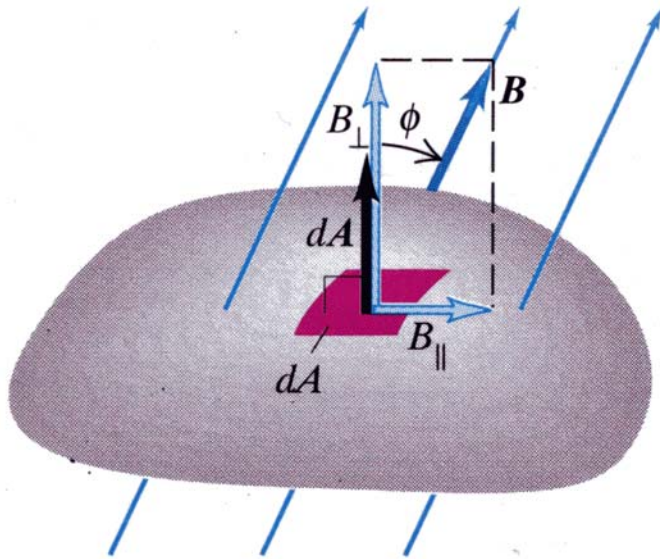
Το μαγνητικό πεδίο της γης μοιάζει με το πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη (σχήμα 1) του οποίου ο άξονας σχηματίζει μικρή γωνία με τον άξονα περιστροφής της γης.

3. Μαγνητική Ροή

Η μαγνητική ροή μέσα από μια επιφάνεια είναι:

$$\Phi_B = \int_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int_{(S)} B \cos \phi dA = \int_{(S)} B_{\perp} dA$$

$$1Wb = 1Tm^2 \text{ (Weber)}$$

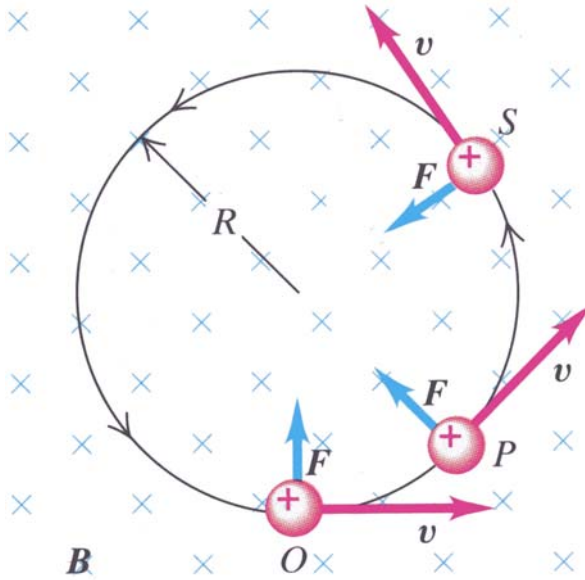


Σύμφωνα με τον νόμο του **Gauss** η ολική μαγνητική ροή μέσα από μια κλειστή επιφάνεια είναι μηδέν (δεν υπάρχουν μαγνητικά μονόπολα και συνεπώς οι γραμμές του πεδίου είναι πάντοτε συνεχείς).

$$\Phi_B = \oint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

4. Κίνηση Φορτίων σε Μαγνητικό Πεδίο

- Σωματίο με θετικό φορτίο κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο B κάθετο στην ταχύτητα του.



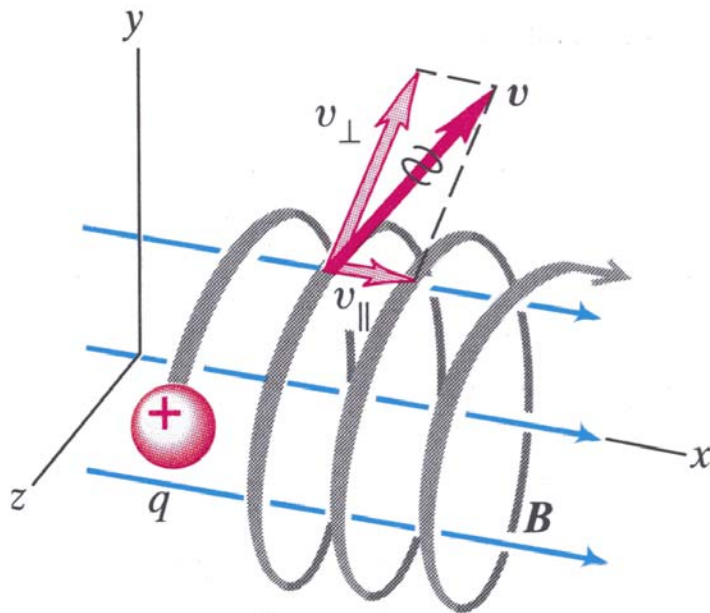
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow F = qvB$$

Η σταθερή δύναμη ως κάθετη στην ταχύτητα δεν μεταβάλλει το μέτρο της αλλά την κατεύθυνση της (δεν παράγει έργο ούτε μεταβάλλει την κινητική του ενέργεια). Άρα το σωματίο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση:

$$F = qvB = m \frac{v^2}{R}, \quad R = \frac{mv}{qB}, \quad \omega = \frac{v}{R} = \frac{qB}{m}$$

Η συχνότητα περιστροφής είναι $f = \omega/2\pi$ (ανεξάρτητη της ακτίνας της τροχιάς).

- Αν η αρχική ταχύτητα σωματίου με θετικό φορτίο δεν είναι κάθετη στο ομογενές μαγνητικό πεδίο B , το σωματίο εκτελεί ελικοειδή τροχιά.



Η ακτίνα της έλικας είναι:

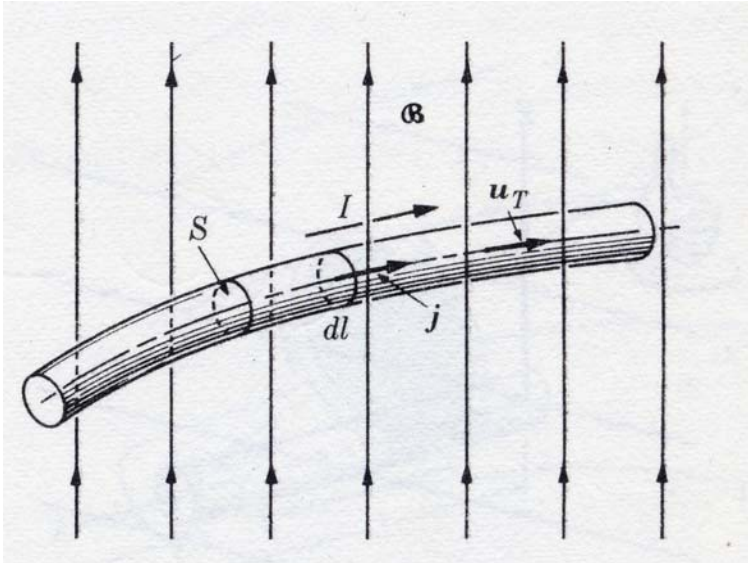
$$R = \frac{mv_{\perp}}{qB}$$

Το βήμα της έλικας είναι:

$$S = v_{\parallel}T = \frac{2\pi v_{\parallel}}{\omega} = \frac{2\pi m v_{\parallel}}{qB}$$

5. Μαγνητική Δύναμη σε Ρευματοφόρο Αγωγό

- Αν υπάρχουν n φορτία ανά μονάδα όγκου τότε η δύναμη f ανά μονάδα όγκου είναι:



$$\vec{f} = nq\vec{v}_d \times \vec{B} \Rightarrow$$

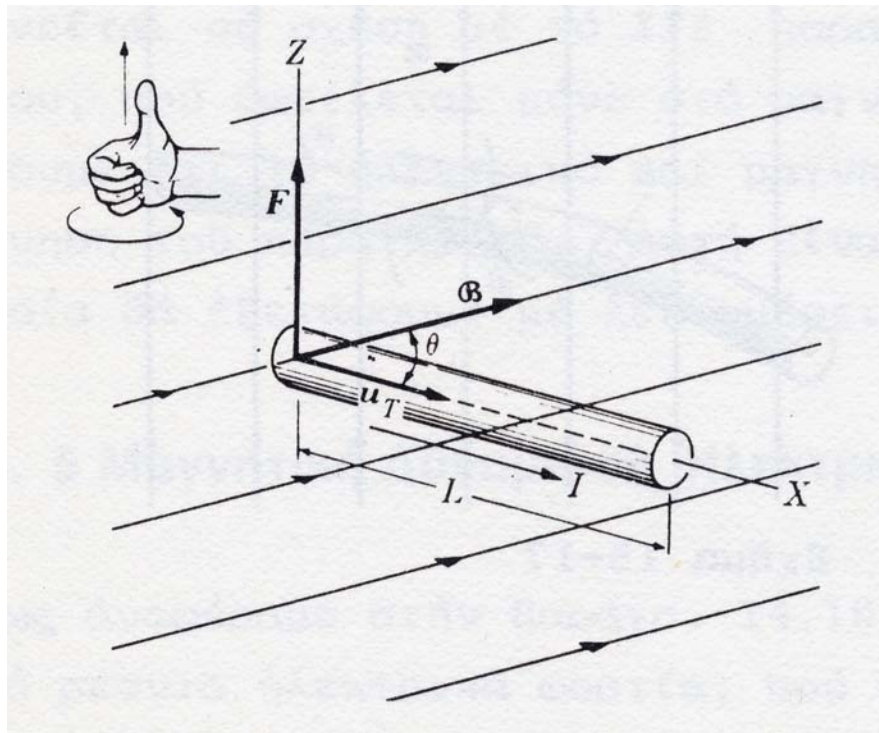
$$\vec{f} = \vec{J} \times \vec{B}$$

αφού η πυκνότητα ρεύματος J είναι φορτίο ανά μονάδα χρόνου και επιφάνειας.

$$d\vec{F} = \vec{f}dV = \vec{J} \times \vec{B}dV \Rightarrow$$

$$\vec{F} = \int_{(V)} \vec{J} \times \vec{B}dV = \int_{(L)} J\vec{u}_T \times \vec{B}Sdl = I \int_{(L)} \vec{u}_T \times \vec{B}dl$$

- Για ευθύγραμμο αγωγό σε ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι:



$$\vec{F} = I \int_{(L)} \vec{u}_T \times \vec{B} dl \Rightarrow$$

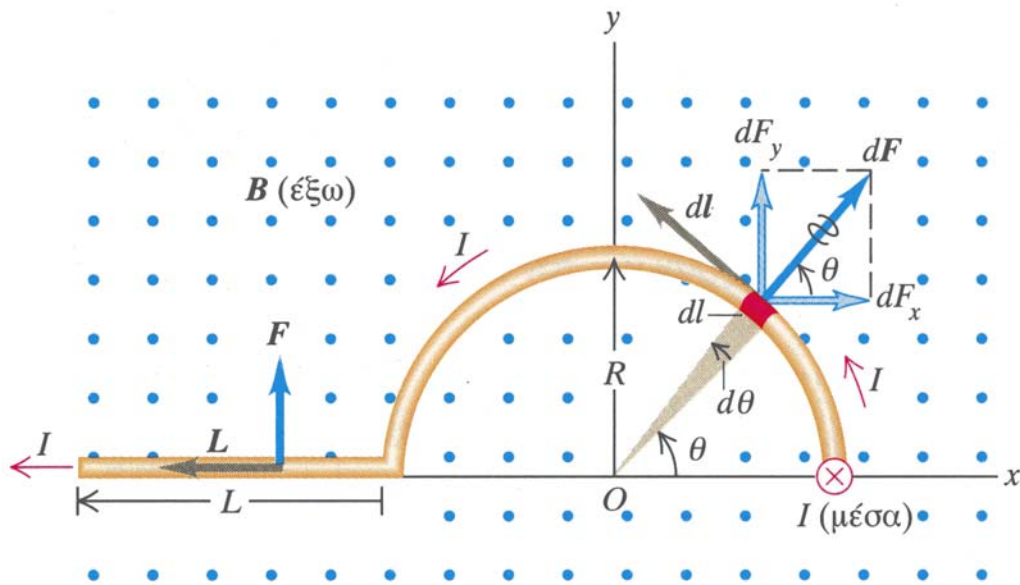
$$\vec{F} = I \vec{u}_T \times \vec{B} \int_{(L)} dl \Rightarrow$$

$$\vec{F} = IL \vec{u}_T \times \vec{B}$$

- Για ευθύγραμμο αγωγό σε ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετο σ' αυτόν είναι:

$$\vec{F} = IL \vec{u}_T \times \vec{B} \Rightarrow F = BIL$$

6. Άσκηση: Να υπολογιστεί η μαγνητική δύναμη στον ρευματοφόρο αγωγό του σχήματος.



Η δύναμη στο τμήμα dl του ημικυκλικού τμήματος του αγωγού είναι:

$$d\vec{F} = I\vec{u}_T \times \vec{B}dl \Rightarrow$$

$$dF = BIdl = BIRd\theta$$

$$dF_y = BIR \sin \theta d\theta \Rightarrow$$

$$F_y = BIR \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta = BIR(-\cos \theta) \Big|_0^{\pi} = 2BIR$$

$$F_x = 0$$

Η δύναμη στο ευθύγραμμο τμήμα του αγωγού που είναι κάθετο στο επίπεδο του σχήματος είναι:

$$\vec{F} = IL\vec{u}_T \times \vec{B} = \mathbf{0}$$

Η δύναμη στο ευθύγραμμο τμήμα του αγωγού που είναι στο επίπεδο του σχήματος είναι:

$$\vec{F} = IL\vec{u}_T \times \vec{B} \Rightarrow F_y = BIL$$

Η συνολική δύναμη πάνω στον αγωγό είναι:

$$\vec{F} = BI(L + 2R)\vec{j}$$