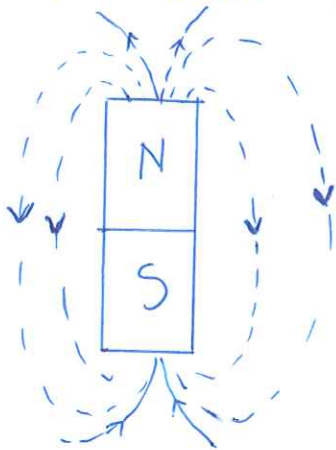


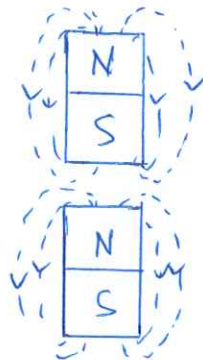
Μαγνητοστατική

- Η ιστορία της μαγνητοστατικής ξεκινάει πριν από ~ 2,500 χρόνια στην Μαγνησία της Μ. Ασίας. Το ορυκτό μαγνητίτης (Fe_3O_4) ήταν γνωστό, καθώς αν ακουμπούσε π.χ. σίδηρο τότε μπορούσε να τον ελκύει.
- Πυξίδα (γνωστή στην αρχαία Κίνα). Κύριο όργανο ναυσιπλοΐας για αιώνες.

- Από πειράματα με μαγνητικά υλικά καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι κάθε μαγνήτης έχει πάντα δύο πόλους που καλούνται Βόρειος και Νότιος μαγνητικός πόλος και γράφουμε:



Εάν των
κόψουμε σε
μικρά τμήτα
έξοτε

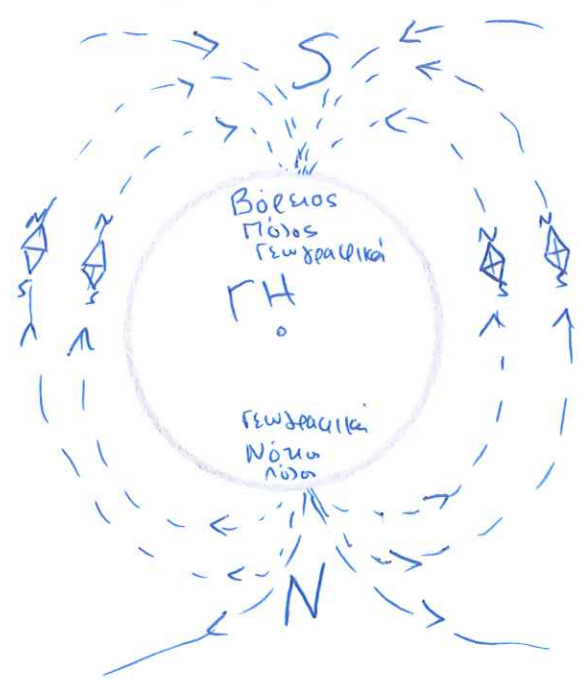


Ξανά δύο μαγνήτες.

⇒ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ
ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΜΟΝΟΠΟΛΑ.

Ξίδαμε ότι $N-N$ πόλος απωθούνται ενώ $(N-S)$ έλκονται
αν έχουμε δύο μαγνήτες.

► Ο William Gilbert ~ 1600 ήταν ο πρώτος που πρότεινε ότι η ίδια η γη είναι ένας τεράστιος μαγνήτης και με καταγραφή με πυλίδες στα διάφορα μέρη της γης πρότεινε την εικόνα που βλέπουμε:



- ◯ βόρειος γεωγραφικός είναι κοντά νότιος μαγνητικός S.
- ◯ νότιος γεωγραφικός είναι κοντά βόρειος μαγνητικός N.

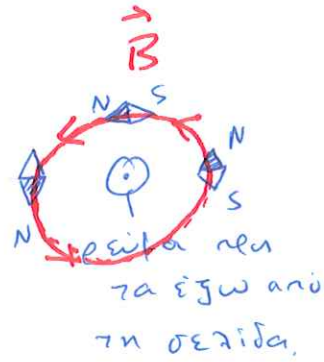
Για το μαγνητικό πεδίο χρησιμοποιούμε το σύμβολο $\vec{B}$ σε μονάδες Tesla (T) ή Gauss (G), $1T = 10^4 G$.

► 1819: Ο Δανός Hans Christian Oersted ανακάλυψε ότι ένα σύρμα το οποίο διαρρέεται από ρεύμα προκαλεί απόκλιση της πυλίδας.

=> Υπάρχει δημιουργία μαγνητικού πεδίου από κινούμενα φορτία.

Πολύ σημαντικό καθώς σπνδύει η ηλεκτρική με μαγνητική.

Πείραμα 1:
 ➤ Εάν ένα καλώδιο διαρρέεται από ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο όπως φαίνεται παρακάτω:

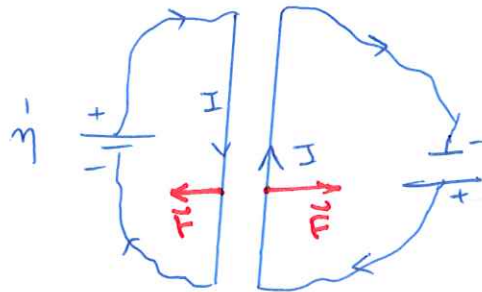
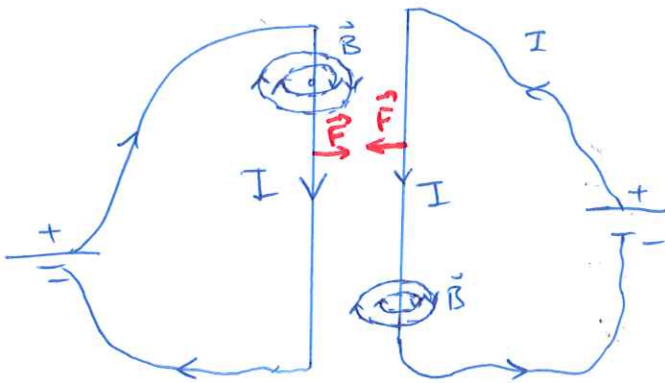


Η φορά του $\vec{B}$ θα δίνεται από το κανόνα το δεξιού χεριού. Βάζουμε τον αντίχειρα στη φορά του ρεύματος και τα δάχτυλά μας γύρω τη φορά του $\vec{B}$.

Συμπέρασμα 1: Κινούμενο ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$ (επιπρόσθετα $\vec{E}$).

Πείραμα 2:

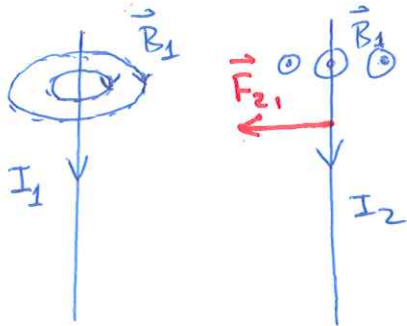
Εάν δύο καλώδια διαρρέονται από παρόμοια (ηλεκτρικά ουδέτερα καλώδια), τότε το ένα ασκεί μαγνητική δύναμη στο άλλο.



Όταν το ένα από τα δύο κυκλώματα δεν διαρρέεται από ρεύμα δεν ασκείται καμία δύναμη σε κανένα.

Συμπέρασμα 2:

Κινούμενα φορτία (ρεύματα) δέχονται δύναμη όταν βρίσκονται σε μαγνητικό πεδίο και μάλλον με κατεύθυνση που δίνεται από το $\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}$.



Η $\vec{F}_{21}$ είναι η δύναμη που δέχεται το σύρμα 2 από το μαγνητικό πεδίο του 1. Επομένως περιγραφικά είδαμε ότι είναι:

$$\vec{F}_{21} = \vec{I}_2 \times \vec{B}_1$$

ΣΥΝΟΨΙΣ

- Ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο (ή ένα ηλεκτρικό ρεύμα) δημιουργεί μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$. (Θα δούμε παρακάτω πως το υπολογίζουμε).
- Το μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$ ασκεί δύναμη σε κάθε κινούμενο φορτίο (ή ηλεκτρικό ρεύμα) που βρίσκεται μέσα στο πεδίο. ($\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}$)

Σχόλιο: • Στο ηλεκτρικό το $\vec{E}$ δημιουργείται από φορτία q και ασκεί δύναμη $\vec{F}_E = q\vec{E}$ σε φορτία q' .

• Στο μαγνητικό το $\vec{B}$ δημιουργείται από κινούμενα φορτία q και ασκεί δύναμη $\vec{F}$ σε κινούμενα φορτία

Δύναμη Lorentz

-5-

Εάν θεωρήσουμε ότι ένα φορτισμένο σωματίδιο (με φορτίο q) κινείται εντός μαγνητικού πεδίου $\vec{B}$, τότε θα δέχεται

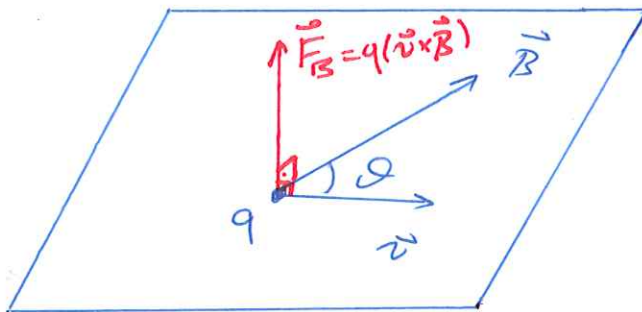
δύναμη: $\boxed{\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}}$ από εδώ φαίνεται ότι $[1T \equiv \frac{N \cdot s}{C \cdot m}]$

► Η διεύθυνση της δύναμης είναι κάθετη στο $\vec{v}$, $\vec{B}$.

► Το μέτρο της δύναμης είναι: $|\vec{F}_B| = q v B \sin \theta$, όπου θ η γωνία μεταξύ των $\vec{v}$, $\vec{B}$.

► Αντίθετα για θετικά και αρνητικά φορτία

► Αν $\vec{v} \parallel \vec{B} \Rightarrow \vec{F}_B = 0$.



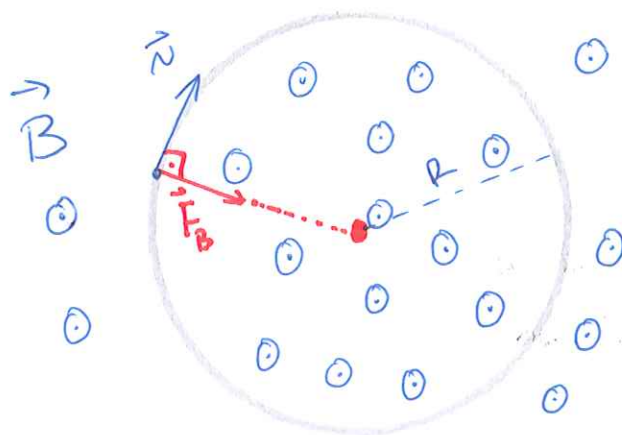
Η κατεύθυνση δίνεται από το κανόνα του δεξιού χεριού.

Η $\vec{F}_B$ είναι η μαγνητική δύναμη Lorentz.

Συνολικά η δύναμη Lorentz αφορά τη δύναμη που δέχεται φορτίο q , παρουσία ηλ. πεδίου $\vec{E}$ και μαγνητικού πεδίου $\vec{B}$ και είναι:

$$\boxed{\vec{F}_L = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})}$$

Κίνηση φορτισμένου σωματιδίου σε μαγνητικό πεδίο.



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

• Διαδίδουμε το μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$ κάθετο στη σελίδα και προς τα εμάς. Οπότε ισχύει: $|\vec{F}_B| = qvB$

• Η $\vec{F}_B \perp \vec{v}$ σε κάθε σημείο. Παίγει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης, οδηγώντας το φορτισμένο σωματίδιο να εκτελεί κυκλική κίνηση με επιτάχυνση: $a = \frac{v^2}{R}$

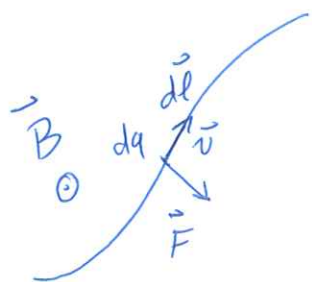
Από νόμο Νεύτωνα: $\Sigma F = ma \Rightarrow qvB = m \frac{v^2}{R}$

$\Rightarrow \boxed{R = \frac{mv}{qB}} \sim \text{Ακτίνα Larmor}$

• Μπορεί να προκύψει η συχνότητα: $v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$

$\Rightarrow \boxed{\omega = \frac{v}{R} = \frac{qB}{m}} \sim \text{κυκλοτρονική συχνότητα.}$

Προσοχή: Η μαγνητική δύναμη δεν παράγει έργο! -7-

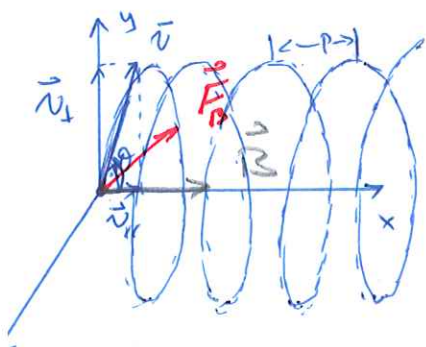


$$\begin{aligned} dW &= \vec{F} \cdot d\vec{\ell} \\ &= dq(\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{\ell} \\ &= dq \left(\frac{d\vec{\ell}}{dt} \times \vec{B} \right) \cdot d\vec{\ell} \\ &= \frac{dq}{dt} (d\vec{\ell} \times \vec{B}) \cdot d\vec{\ell} = 0, \text{ Αφού το άνωστος} \\ &\quad (d\vec{\ell} \times \vec{B}) \perp d\vec{\ell} \end{aligned}$$

Άσκηση: Ελικοειδής κίνηση

Έστω ομογενές μαγνητικό πεδίο $\vec{B} = 0.15 \hat{x} \text{ (T)}$. Ένα πρωτόνιο με μέτρο ταχύτητας $|\vec{v}_0| = 5 \cdot 10^3 \text{ km/s}$ εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο με διεύθυνση που σχηματίζει γωνία $\theta = 85^\circ$ με τον άξονα x . Υπολόγισε την απόσταση μεταξύ δύο σημείων της τροχιάς που απέχουν χρονικά μια περίοδο (βήμα της έλικας p). Δίνονται: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$, $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Απάντηση:



Αναλύουμε την ταχύτητα σε $\vec{v}_{||}$ στο $\vec{B}$ και $\vec{v}_{\perp}$ στο $\vec{B}$.

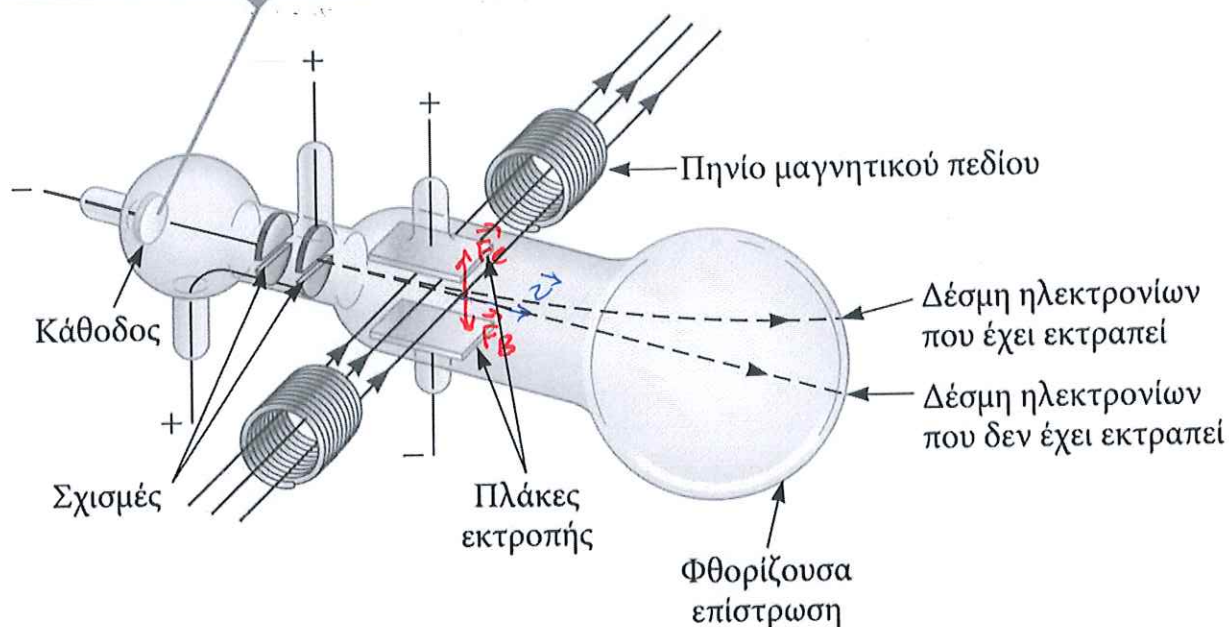
$$\text{Έτσι: } \vec{v} = \vec{v}_{||} + \vec{v}_{\perp} = |\vec{v}_0| \cos \theta \hat{x} + |\vec{v}_0| \sin \theta \hat{y}$$

Η κίνηση χωρίζεται σε μια κυκλική λόγω της $\vec{v}_{\perp}$ με $\omega = \frac{qB}{m} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$

και μια ευθύγραμμη ομαλή λόγω της $\vec{v}_{||}$. Αφού δεν υπάρχει συνιστώσα δύναμης εκεί. $\Rightarrow$ Σε χρόνο μια περιόδου κινείται στα x κατά:

$$L = v_{||} \cdot T = |\vec{v}_0| \cos \theta \cdot T = |\vec{v}_0| \cos \theta \cdot \frac{2\pi m}{qB} = 5 \cdot 10^6 \cdot 0.087 \cdot \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.15} = 0.19 \text{ m}$$

Τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται στην κάθοδο, διέρχονται μέσα από τις δύο σχισμές, και εκτρέπονται τόσο από το ηλεκτρικό πεδίο (που σχηματίζουν οι φορτισμένες πλάκες εκτροπής) όσο και από το μαγνητικό πεδίο (με κατεύθυνση κάθετη στο ηλεκτρικό πεδίο). Τέλος, η δέσμη ηλεκτρονίων προσπίπτει σε μια φθορίζουσα οθόνη.



α

Τα e^- επιταχύνονται στη κάθοδο και αποκτούν λόγω της διαφοράς δυναμικού που άνοδο από Α.Δ.Μ.Ε: $k_1 + U_1 = k_2 + U_2$

$$0 + eV = \frac{1}{2} m_e v^2 + 0$$

$$\Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$$

• Μετά στις πλάκες η δύσση των e^- που δεν εκτρέπεται πρέπει να έχει

$$|\vec{F}_E| = |\vec{F}_B| \Rightarrow eE = evB \Rightarrow \frac{E}{B} = v \Rightarrow \frac{E}{B} = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$$

όπου λύνουμε:

$$\boxed{\frac{e}{m_e} = \frac{E^2}{2VB^2}}$$

Βρίσκουμε το λόγο $\frac{e}{m_e}$ αφού τα E, v, B είναι γνωστά.