



ΦΥΣΙΚΗ

Ενότητα 11: Μαγνητικό Πεδίο

Τσόκας Γρηγόρης

Καθηγητής Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής, Τομέας Γεωφυσικής

Παπαζάχος Κωνσταντίνος

Καθηγητής Γεωφυσικής, Τομέας Γεωφυσικής

Τμήμα Γεωλογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ενημέρωση

Η διδασκαλία του μαθήματος, πολλά από τα σχήματα και όλες οι ασκήσεις προέρχονται από το βιβλίο:

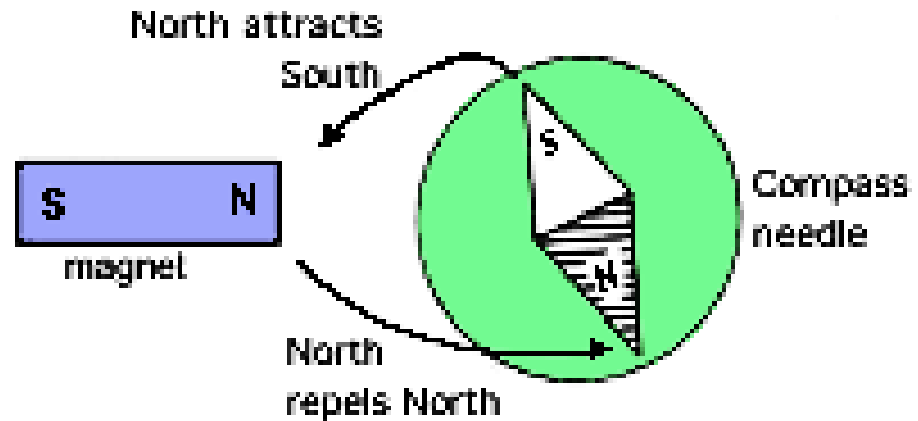
«Πανεπιστημιακή Φυσική» του Hugh Young των Εκδόσεων Παπαζήση, οι οποίες μας επέτρεψαν τη χρήση των σχετικών σχημάτων και ασκήσεων



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-1

Το φαινόμενο παρατηρήθηκε πρώτη φορά στη Μαγνησία της Μικράς Ασίας απ' όπου πήρε και το όνομα. Τα άκρα κομματιών μαγνητισμένου σιδηρομεταλλεύματος έλκονταν αμοιβαία ή απωθούνταν ανάλογα.

Ονομάστηκαν συμβατικά οι πόλοι ως βόρειοι και νότιοι. Δύο αντίθετοι πόλοι έλκονται και δυο όμοιοι απωθούνται.

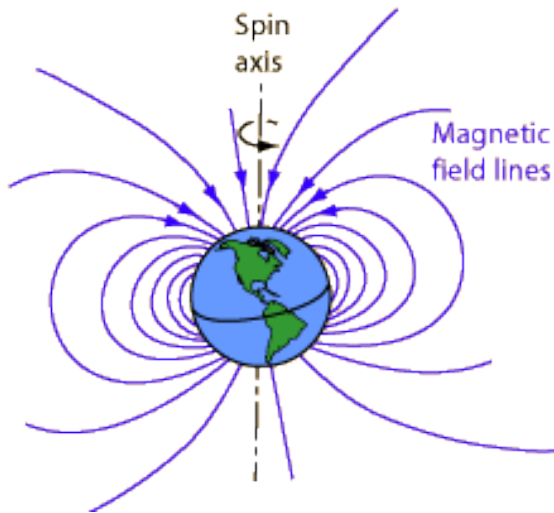


<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/magnetism.html>



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-2

Πριν από 500 χρόνια και μετά από μακροχρόνια έρευνα ο Williams Gilbert κατάφερε να συλλάβει την έννοια του μαγνητικού πεδίου της γης, λέγοντας ότι η Γη είναι ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο πηγάζει στο κέντρο του άξονα της γης. Τη θεωρία του αυτή διατύπωσε στη διατριβή *De magnete*.

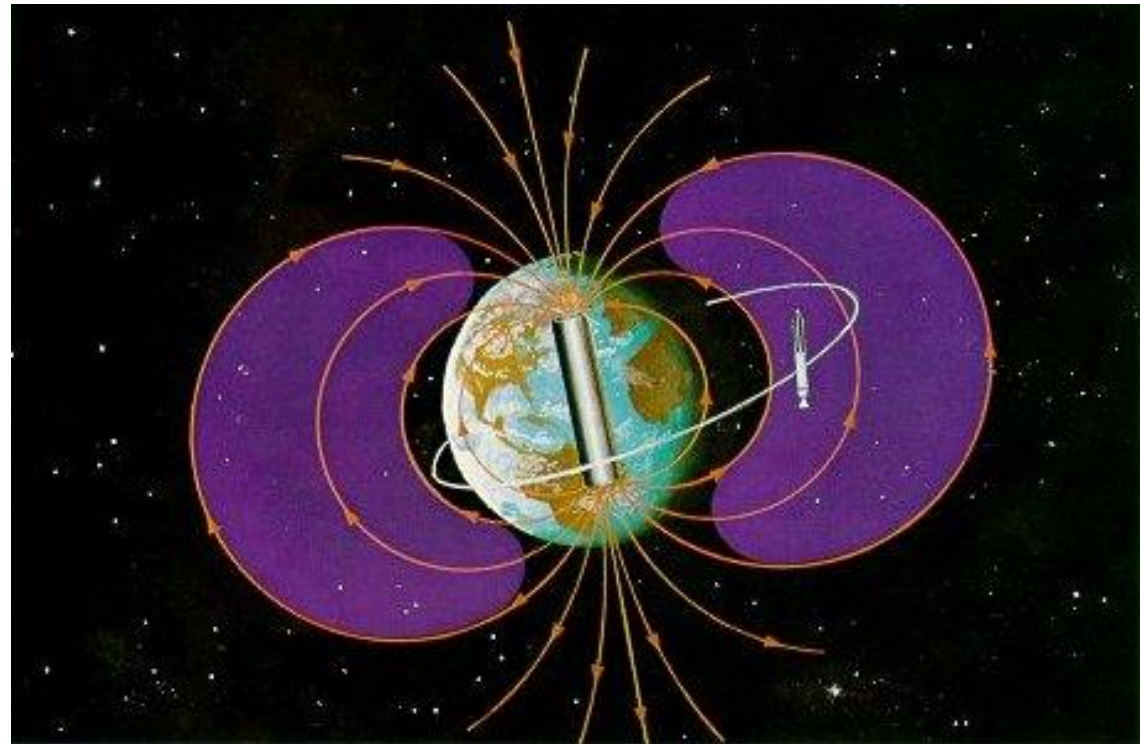
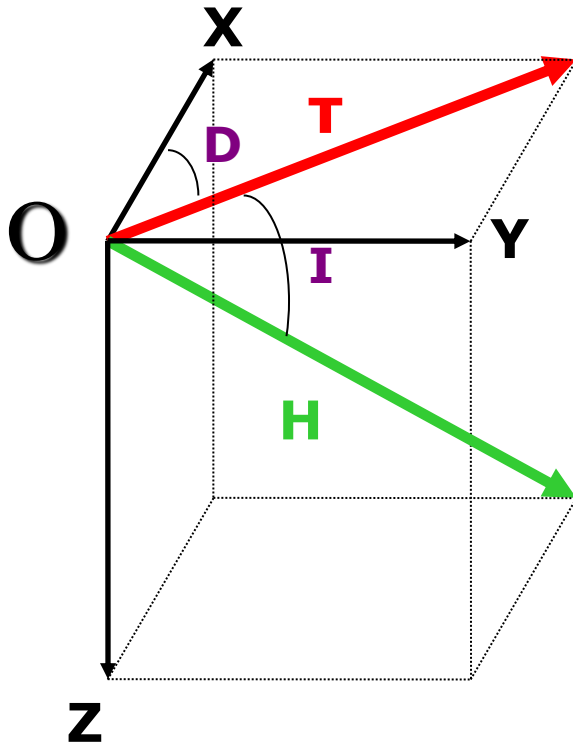


<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/magearth.html>



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-3

Επιπλέον υποστήριξε ότι το πεδίο αυτό είναι ισοδύναμο με αυτό που θα προκαλούσε ραβδόμορφος μαγνήτης τοποθετημένος επάνω στον άξονα περιστροφής της Γης.



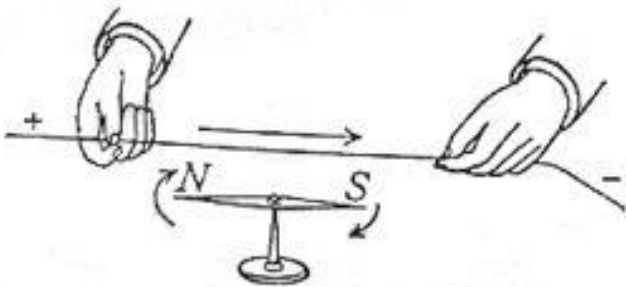
<http://history.nasa.gov/EP-177/ch3-4.html>



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-4

Hans Christian Oersted

Γεννήθηκε : 14 Αυγούστου, 1777, Rudkøbing (Δανία)
Απεβίωσε: 9 Μαρτίου 1851 Κοπενχάγη



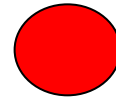
<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/magnetism.html>



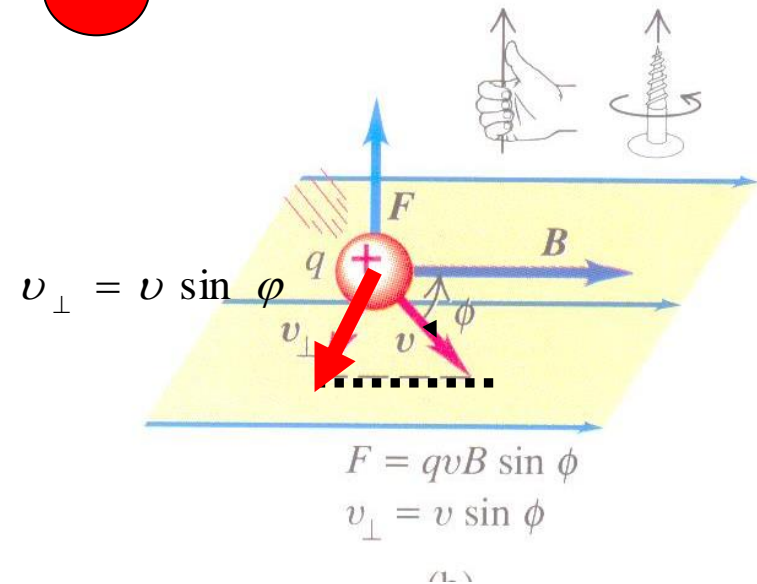
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-5

Αν φορτίο κινείται με ταχύτητα \mathbf{u} μέσα σε μαγνητικό πεδίο \mathbf{B} τότε υφίσταται δύναμη κάθετη τόσο στο διάνυσμα της ταχύτητας όσο και στο πεδίο η οποία έχει μέτρο

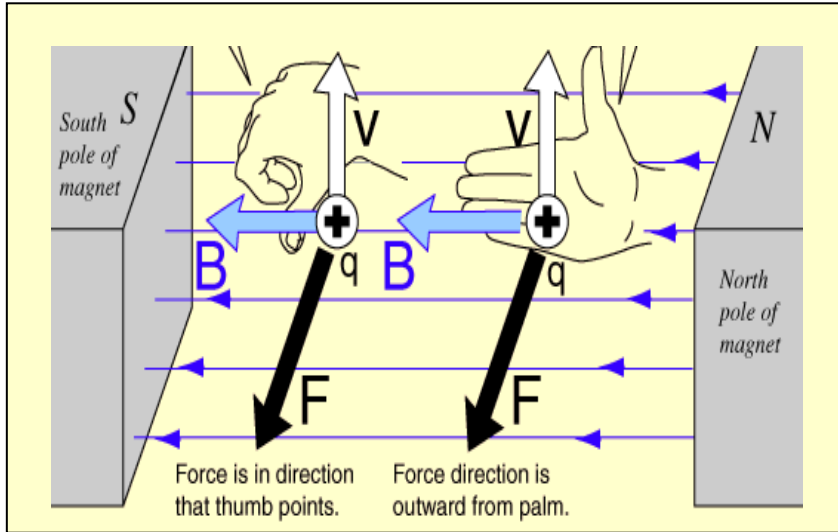
$$F = |q|v_{\perp} B = |q|v B \sin \phi$$



όπου ϕ είναι η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων \mathbf{u} και \mathbf{B} και μετριέται από την κατεύθυνση του \mathbf{u} προς αυτή του \mathbf{B}

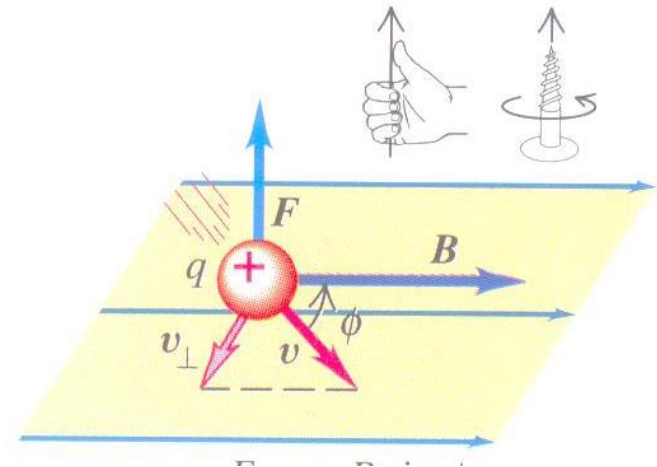


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-6



Η φορά του διανύσματος της δύναμης καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/magfor.html>

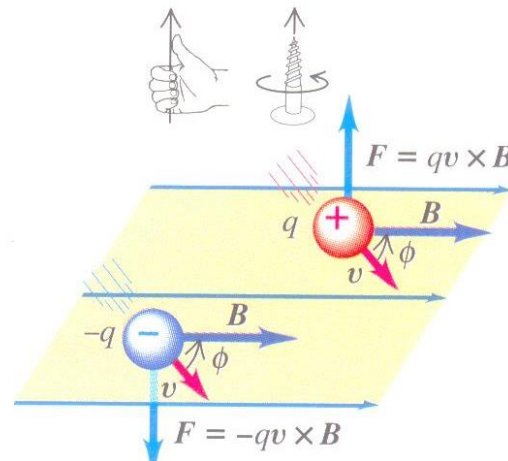


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-7

Είναι φανερό ότι μια διανυσματική εξίσωση αρκεί για να καθορίσει πλήρως το διάνυσμα \vec{F} και αυτή είναι

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

Αν το q είναι αρνητικό τότε η κατεύθυνση του \vec{F} είναι αντίθετη αυτής του εξωτερικού γινομένου $\vec{v} \times \vec{B}$



Η φορά του διανύσματος της δύναμης καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού.

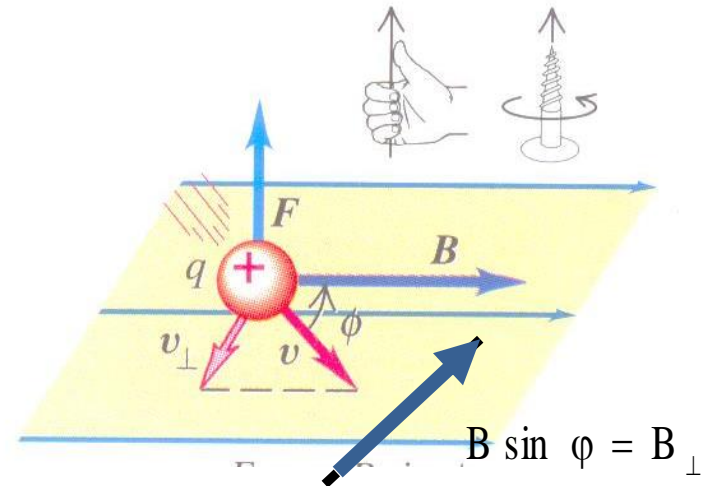


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-8

Η σχέση $F = |q|v_{\perp} B = |q|vB \sin \varphi$

μας λέει ότι το μέτρο της δύναμης μπορεί να θεωρηθεί ως το γινόμενο του φορτίου επί το μέτρο της ταχύτητας επί την συνιστώσα του B που είναι κάθετη στο διάνυσμα της ταχύτητας ($B \sin \varphi$)

$$F = |q|v B \sin \varphi = |q|v B_{\perp}$$



Αν υπάρχει και ηλεκτρικό πεδίο

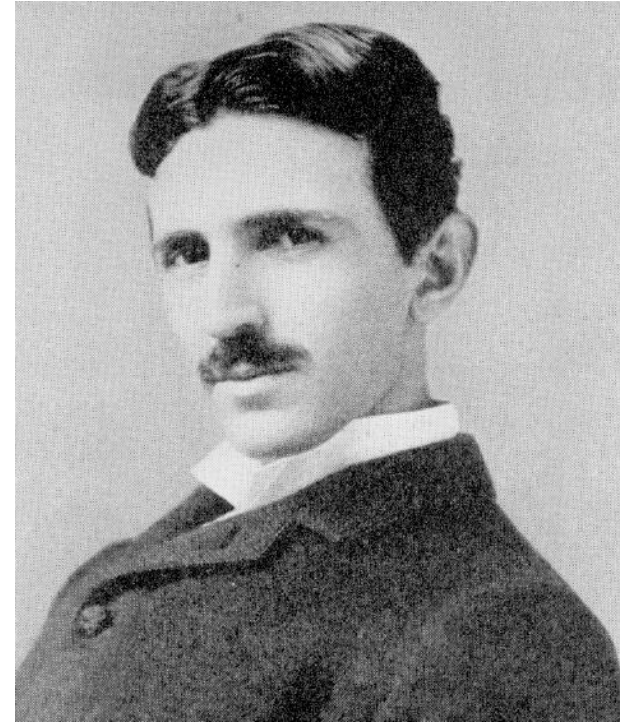
$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-9

ΜΟΝΑΔΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ $1 \text{ tesla} = 1 \text{ T} = 1 \text{ N/Am}$

Nikola Tesla



Σέρβος

Γεννήθηκε: 9 Οκτωβρίου 1856 στο
Smiljan (Σερβία)

Απεβίωσε: January 7 Ιανουαρίου 1943
στη Νέα Υόρκη

ΜΟΝΑΔΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΟ CGS $1 \text{ gauss} = 10^{-4} \text{ T}$

Στη Γεωφυσική μετράμε το μαγνητικό πεδίο σε γάμα (γ) $1 \gamma = 10^{-9} \text{ T} = 1 \text{ nT}$



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-10

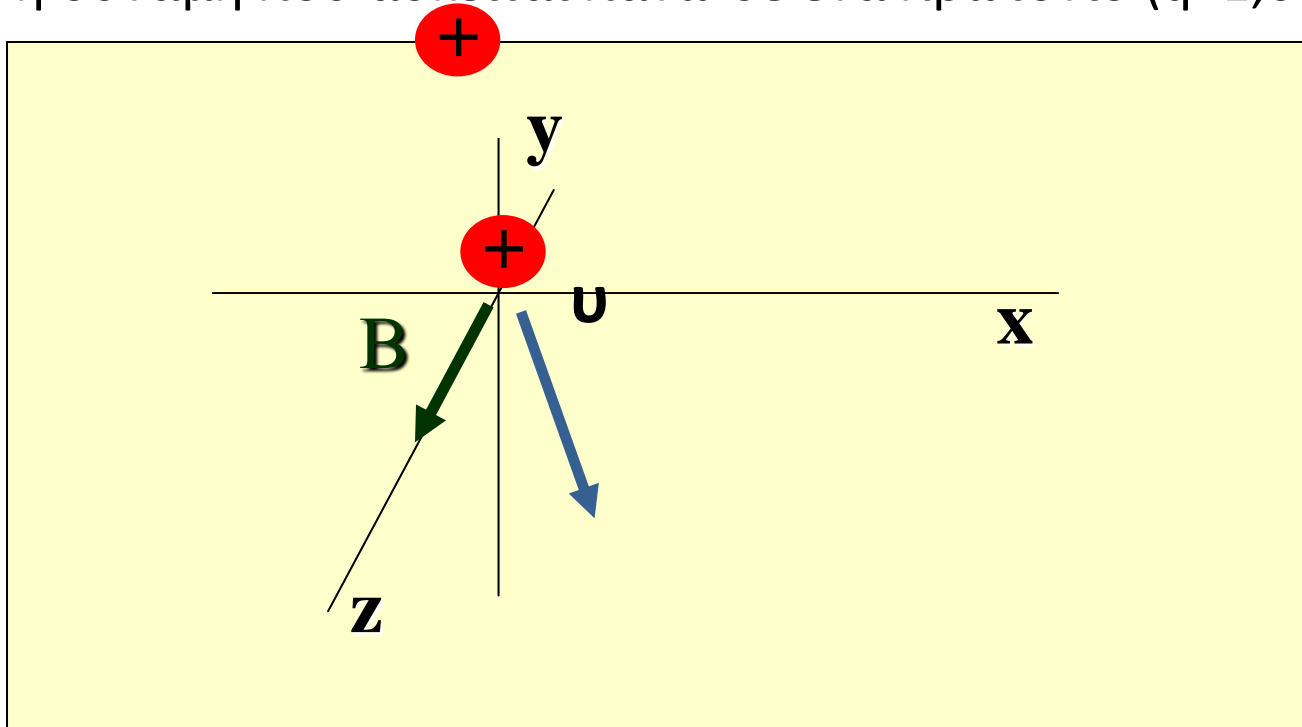
Μαγνητικά Πεδία

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΑΤΟΜΩΝ	10 T
ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	10 T
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	120 T (ΑΛΛΑ ΓΙΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ms)
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΣΤΕΡΑ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ	10^8 T
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΠΕΔΙΟΥ ΓΗΣ	10^{-4} T ή 1 G
ΤΙΜΗ ΓΗΙΝΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (2006 μ. Χ.)	46×10^{-6} T (46000 nT) ή 0.46G



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 28-1/1

Μια δέσμη πρωτονίων κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μέτρου 2 T , το οποίο κατευθύνεται κατά τον θετικό άξονα z όπως στο σχήμα. Τα πρωτόνια κινούνται κατά στο επίπεδο xy με ταχύτητα μέτρου $3 \times 10^5\text{ m/s}$ και κατεύθυνσης που σχηματίζει γωνία 30° με τον θετικό άξονα z . Να υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται πάνω σε ένα πρωτόνιο ($q = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$)



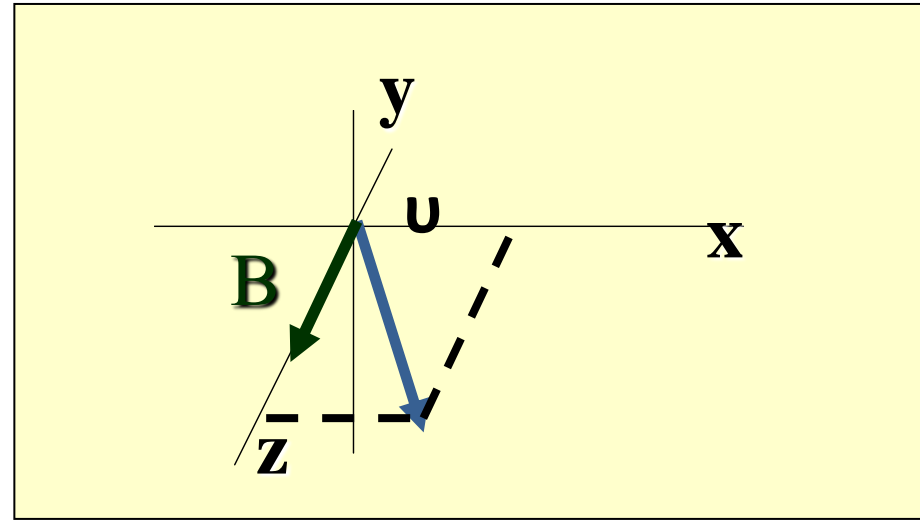
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 28-1/2

$$F = q v B \sin \varphi = (1,6 \times 10^{-19})(3 \times 10^5)(2)(0.5) \frac{\text{CmT}}{\text{s}}$$
$$= 4,8 \times 10^{-14} \text{ N}$$

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ

$$\vec{v} = 3 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \sin 30^\circ \hat{i} + 3 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cos 30^\circ \hat{k}$$

$$\vec{B} = 2 \text{ T} \hat{k}$$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 28-1/3

$$\begin{aligned} \vec{F} &= q(\vec{v} \times \vec{B}) \\ &= (1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \left[\left(3 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \sin 30^\circ \hat{i} + 3 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cos 30^\circ \hat{k} \right) \times (2T \hat{k}) \right] \\ &= (-4,8 \times 10^{-14} \text{ N}) \hat{j} \end{aligned}$$

Επειδή $\hat{i} \times \hat{k} = -\hat{j}$

$$\hat{k} \times \hat{k} = 0$$



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 28-1/4

Ακόμη καλύτερα

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = (1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \sin 30^\circ & 0 & 3 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cos 30^\circ \\ 0 & 0 & 2T \end{vmatrix}$$



$$\vec{F} = (1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1,5 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & 0 & 2,59 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ 0 & 0 & 2T \end{vmatrix}$$

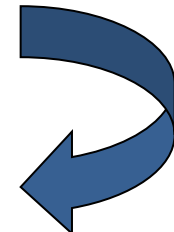


ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 28-1/5

$$\vec{F} = (1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \begin{matrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \left| \begin{array}{cc} 1,5 \times 10^5 \frac{m}{s} & 0 \\ 0 & 2,59 \times 10^5 \frac{m}{s} \end{array} \right| & \left| \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ 0 & 2T \end{array} \right| & \left| \begin{array}{cc} 1,5 \times 10^5 \frac{m}{s} & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right| \end{matrix}$$

$$\vec{F} = 1,6 \times 10^{-19} \hat{i} \left| \begin{array}{cc} 0 & 2,6 \times 10^5 \\ 0 & 2 \end{array} \right| - 1,6 \times 10^{-19} \hat{j} \left| \begin{array}{cc} 1,5 \times 10^5 & 2,6 \times 10^5 \\ 0 & 2 \end{array} \right| + 1,6 \times 10^{-19} \hat{k} \left| \begin{array}{cc} 1,5 \times 10^5 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right|$$

$$\vec{F} = (-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \hat{j} \left(3 \times 10^5 \frac{m}{s} T \right) = -4,8 \hat{j} \text{ N}$$




ΓΡΑΜΜΕΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Σχεδιάζουμε τις γραμμές έτσι ώστε να περνούν από οποιοδήποτε σημείο του χώρου και το διάνυσμα B να εφάπτεται στο εν λόγω σημείο στη γραμμή που περνά.

~~Λέγονται και μαγνητικές δυναμικές γραμμές~~

Η ονομασία αυτή μας παραπλανά γιατί η δύναμη σε κινούμενο φορτίο δεν εφάπτεται των γραμμών αυτών αλλά είναι κάθετη σε αυτές. Επομένως καλό είναι να μη τη χρησιμοποιούμε.

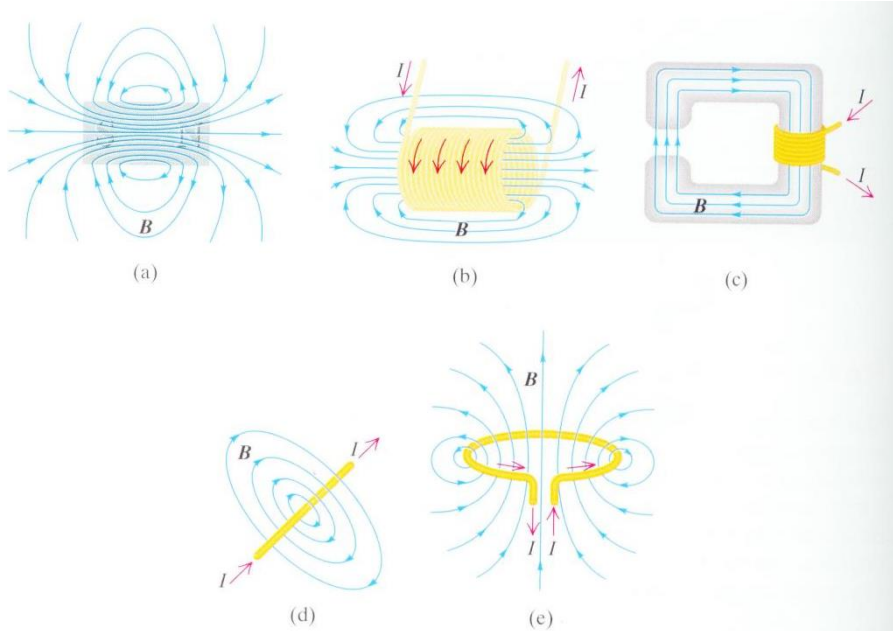
Οι γραμμές έχουν την κατεύθυνση προς την οποία θα προσανατολιστεί μια πυξίδα αν τη βάλουμε στο σημείο του πεδίου.

Επειδή σε κάθε σημείο του χώρου που καταλαμβάνεται από το πεδίο το B έχει μονοσήμαντα καθορισμένο μέτρο και κατεύθυνση 

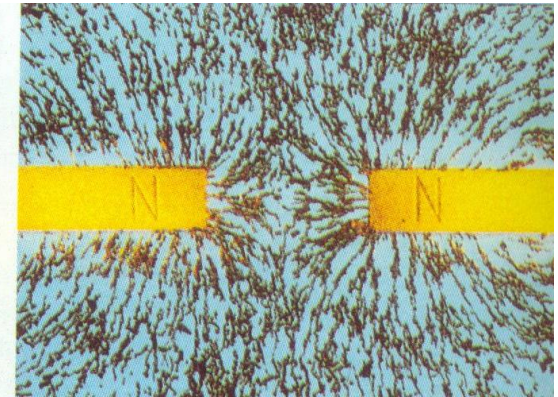
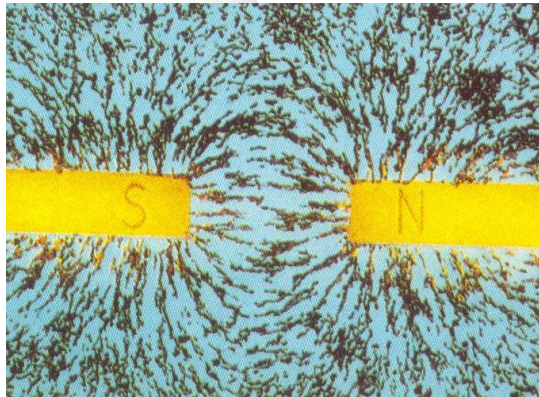
Οι γραμμές του πεδίου δεν τέμνονται μεταξύ τους



ΓΡΑΜΜΕΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΠΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

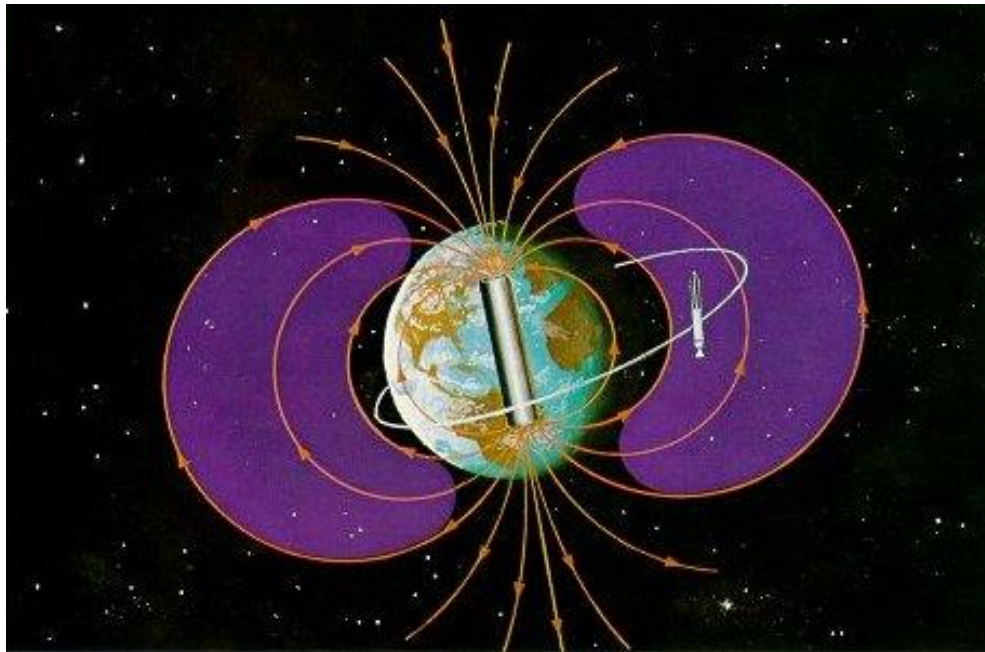


Ομογενές πεδίο

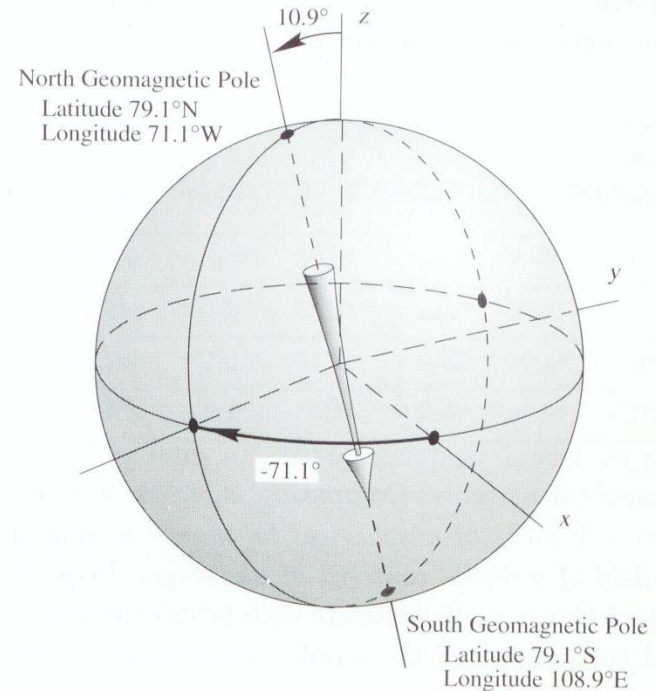


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΓΗΣ

Το πεδίο της Γης μοιάζει με αυτό ενός τεράστιου ραβδόμορφου μαγνήτη τοποθετημένου με ελαφρά κλίση ως προς τον άξονα περιστροφής



<http://history.nasa.gov/EP-177/ch3-4.html>



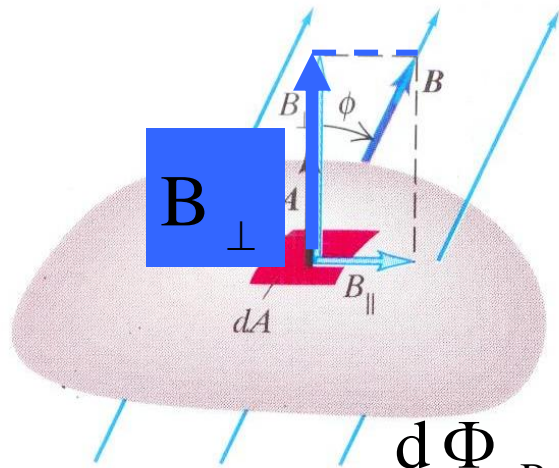
**Κύριο μαγνητικό δίπολο
IGRF1990**



ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ-1

Ορίζουμε τη Φ_B ακριβώς όπως ορίσαμε τη ροή ηλεκτρικού πεδίου Φ_E διαμέσου μιας επιφάνειας όταν αναλύαμε τον νόμο του Gauss.

Για κάθε στοιχείο επιφάνειας dA , βρίσκουμε τη συνιστώσα του B που είναι κάθετη στο στοιχείο, έστω B_{\perp}



$$B_{\perp} = B \cos \varphi$$

$$d\Phi_B = B_{\perp} dA = B \cos \varphi dA = \underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{dA}}$$

$$\Phi_B = \int B_{\perp} dA = \int B \cos \varphi dA = \int \underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{dA}}$$



ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ-2

Στην περίπτωση που το B είναι ομογενές πάνω σε μια επιφάνεια A , τότε

$$\Phi_B = B_{\perp} A = BA \cos \varphi$$

Αν μάλιστα το B είναι κάθετο στο A  $\Phi_B = BA$

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ GAUSS ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

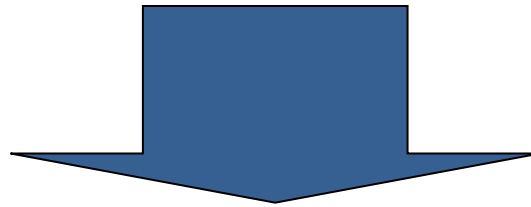
Η ολική ροή που διαπερνά μια κλειστή επιφάνεια είναι ανάλογη του ηλεκτρικού φορτίου που περιέχεται

Κάτι ανάλογο για το μαγνητικό πεδίο θα διατυπωνόταν ως: «Η ολική ροή μέσα από κλειστή επιφάνεια είναι ανάλογη της μαγνητικής ποσότητας που περιέχεται στην επιφάνεια».



ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ GAUSS ΣΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-1

Όμως δεν υπάρχουν μαγνητικά μονόπολα. Επομένως πάντα ο μαγνήτης που θα είναι μέσα σε οποιαδήποτε επιφάνεια θα έχει ίση βόρεια και νότια μαγνητική ποσότητα. Είπαμε ότι το ανάλογο του νόμου του Gauss για το μαγνητικό πεδίο θα ήταν «Η ολική ροή μέσα από κλειστή επιφάνεια είναι ανάλογη της μαγνητικής ποσότητας που περιέχεται στην επιφάνεια». Η συνολική όμως αυτή ποσότητα είναι πάντα 0



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$



ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ GAUSS ΣΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-2

ΟΤΑΝ ΕΧΟΥΜΕ ΚΛΕΙΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ Η ΘΕΤΙΚΗ ΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ

**ΟΜΩΣ Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ GAUSS ΣΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΧΕΙ ΜΙΑ ΜΙΚΡΗ
ΑΣΑΦΕΙΑ ΟΤΑΝ ΠΡΟΚΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΑΝΟΙΚΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΘΕΤΙΚΗ ΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΥΤΗ;



Ορίζουμε εμείς μια από τις δύο επιλογές ως θετική φορά και κοιτάμε να είμαστε συμμορφωμένοι με τον ορισμό μας ότι και να κάνουμε στη συνέχεια.



ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ-3

ΜΟΝΑΔΑ ΡΟΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

$$1\text{Wb} = 1 \text{ weber} = 1\text{Tm}^2=1\text{Nm}/\text{A}$$

Αν το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στο στοιχείο επιφάνειας τότε έχουμε μόνο κάθετη συνιστώσα στην επιφάνεια.

$$B_{\perp} = B$$

Έστω ότι στην περίπτωση αυτή συμβολίζουμε την επιφάνεια ως

$$dA_{\perp} \rightarrow B = \frac{d\Phi_B}{dA_{\perp}}$$

ΔΗΛΑΔΗ ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΔΙΝΕΤΑΙ ΩΣ
ΡΟΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

ΓΙ' ΑΥΤΟ ΣΥΧΝΑ ΤΟ ΛΕΜΕ ΚΑΙ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ



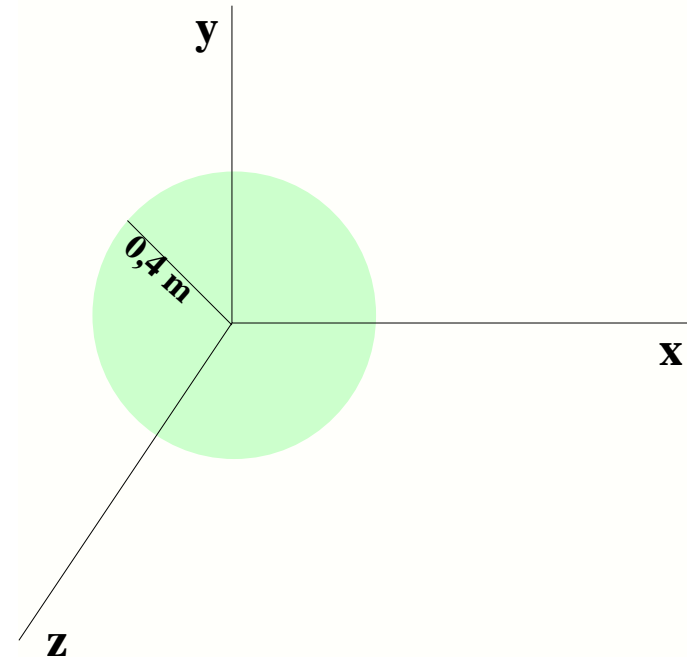
ΑΣΚΗΣΗ 28-7/1

Μια κυκλική επιφάνεια με ακτίνα $0,4 \text{ m}$ βρίσκεται στο επίπεδο xy . Ποιά είναι η μαγνητική ροή μέσα από τον κύκλο που οφείλεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=1,6 \text{ T}$ και κατεύθυνσης:

A) στο $+z$

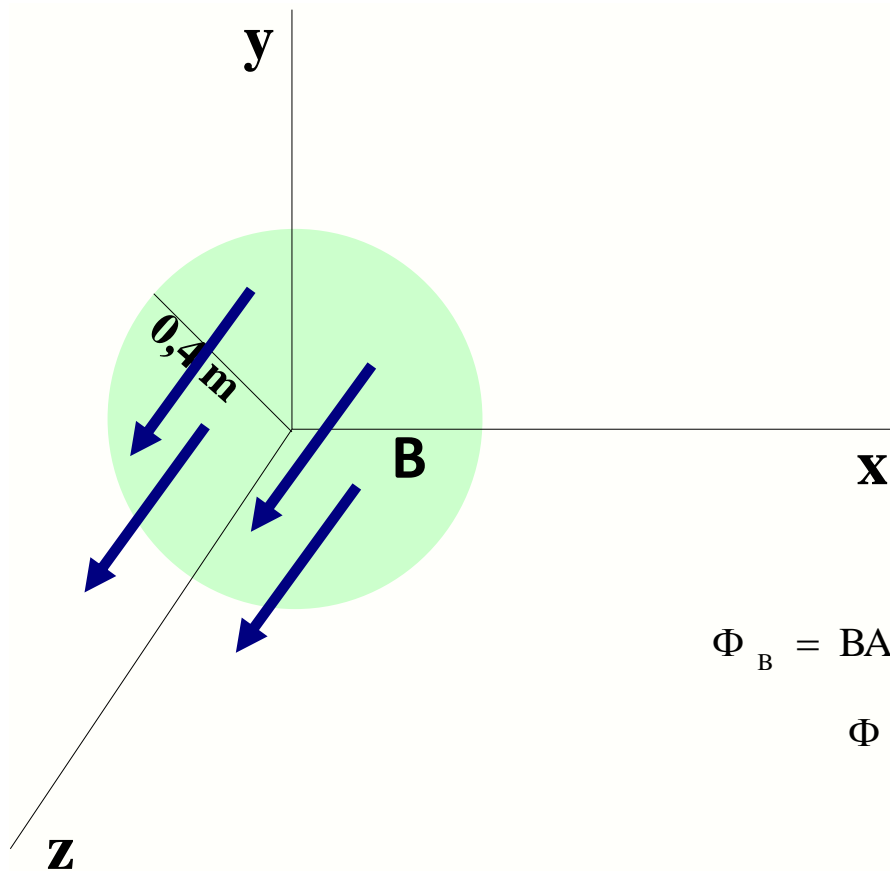
B) σε ευθεία που σχηματίζει γωνία 30° με τον $+z$

Γ) στο $+y$



ΑΣΚΗΣΗ 28-7/2

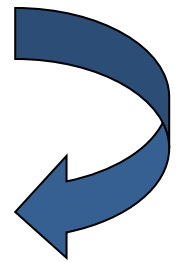
A) Κατεύθυνση πεδίου στο +z



Ομογενές πεδίο

$$\Phi_B = \int B_{\perp} dA = B_{\perp} \int dA = B_{\perp} A$$

$$B_{\perp} = B \cos \varphi = B \cos 0^{\circ} = B$$



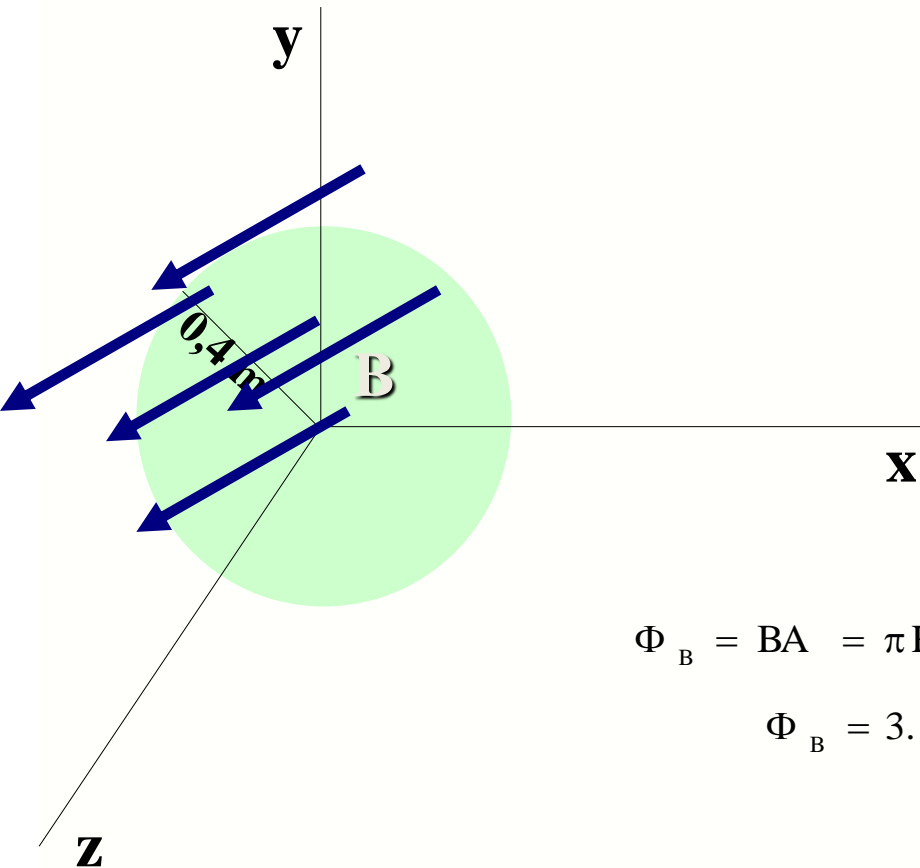
$$\Phi_B = BA = B \pi R^2 \Rightarrow$$

$$\Phi_B = 3.14159 (0,4)^2 (1,6) \text{ m}^2 \text{ T} = 0,804 \text{ Wb}$$



ΑΣΚΗΣΗ 28-7/3

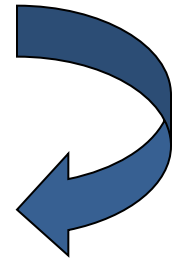
B) Κατεύθυνση πεδίου 30° ως προς το $+z$



Ομογενές πεδίο

$$\Phi_B = \int B_{\perp} dA = B_{\perp} \int dA = B_{\perp} A$$

$$B_{\perp} = B \cos \varphi = B \cos 30^\circ$$



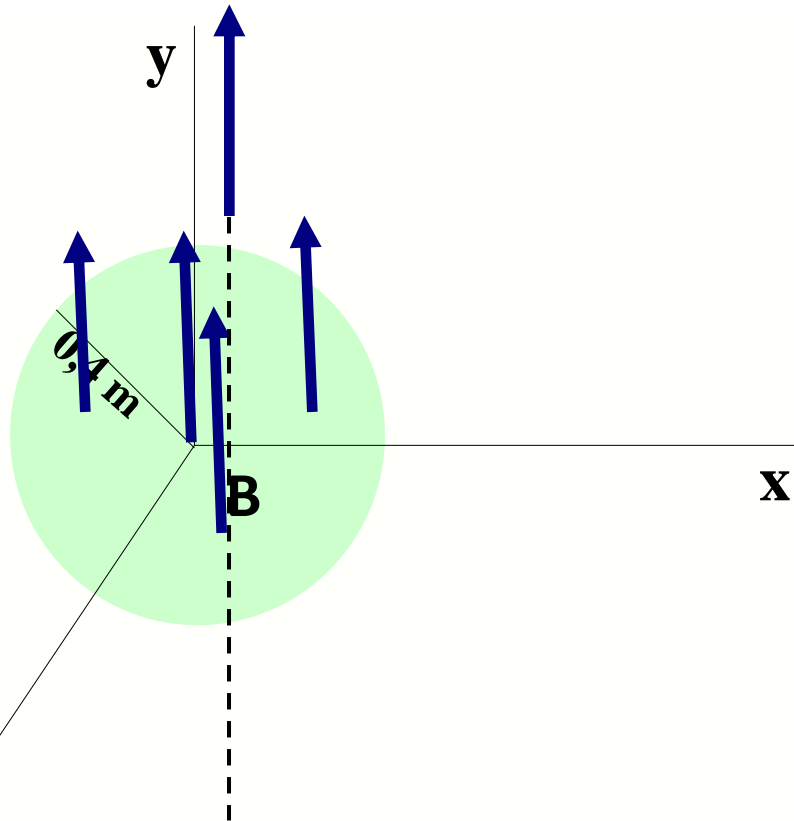
$$\Phi_B = BA = \pi R^2 B \cos \varphi \Rightarrow$$

$$\Phi_B = 3,14159 (0,4)^2 (1,6) (0,866) \text{ m}^2 \text{ T} = 0,696 \text{ Wb}$$



ΑΣΚΗΣΗ 28-7/4

Β) Κατεύθυνση πεδίου προς το +y



Ομογενές πεδίο

$$\cos \varphi = \cos 90^{\circ} = 0$$

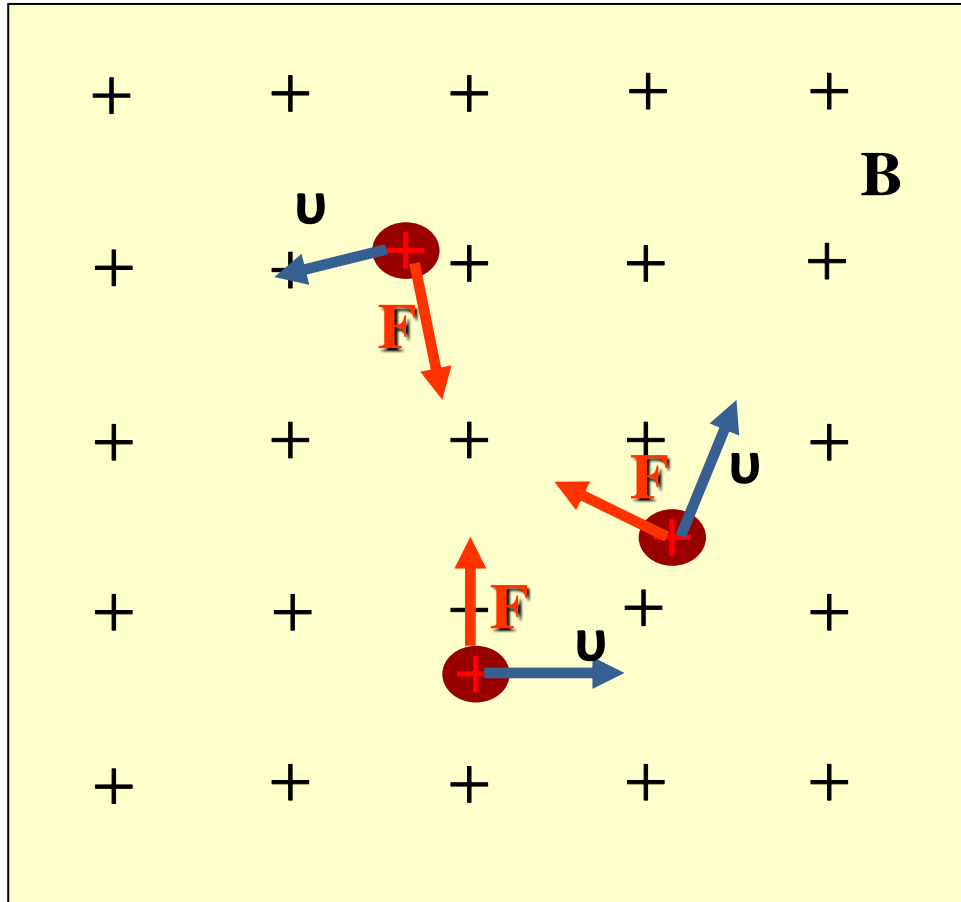


$$\Phi_B = BA = \pi R^2 B \cos \varphi = 0$$



ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-1

Ομογενές πεδίο

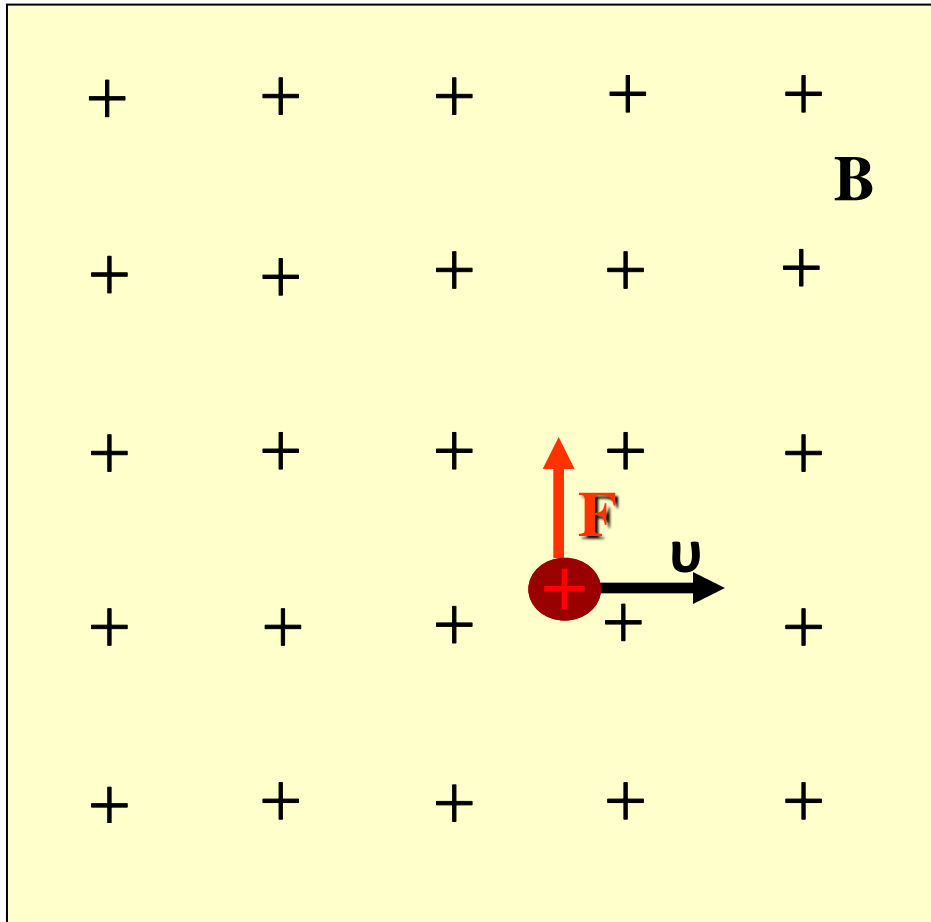


$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$



ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-2

Ομογενές πεδίο



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

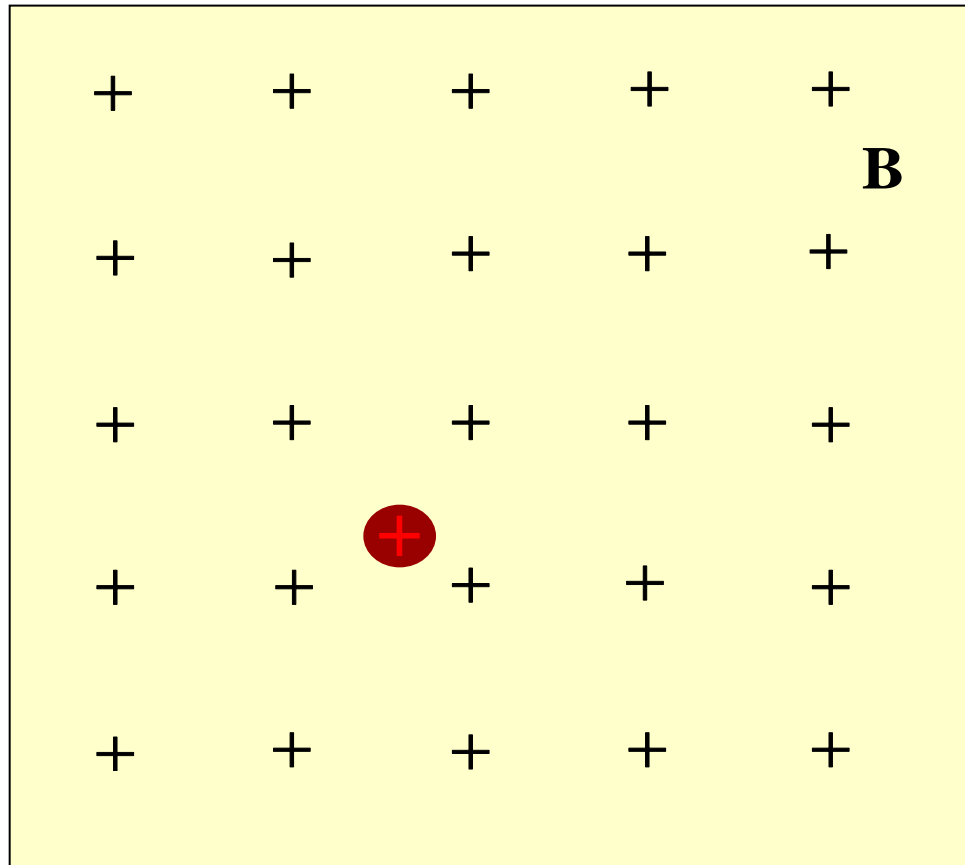
Η δύναμη είναι πάντοτε κάθετη στην ταχύτητα και επομένως μεταβάλλει μόνο την κατεύθυνσή της και όχι το μέτρο της.

$$F = |q| v B = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow$$

$$R = \frac{m v}{|q| B}$$



ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-3



Αν η ορμή του σωματίου είναι $p = mv$, τότε

$$R = \frac{p}{|q|B}$$

$$\omega = \frac{v}{R} = v \frac{|q|B}{mv} = \frac{|q|B}{m}$$

Κυκλοτρονική συχνότητα που είναι ανεξάρτητη από την ακτίνα της τροχιάς.

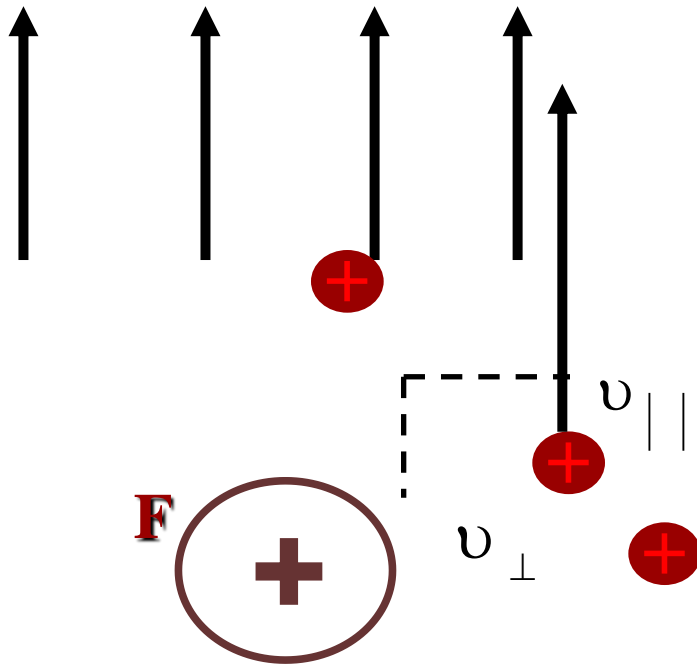


ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-4

ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΝ ΤΑ v ΚΑΙ B
ΕΙΝΑΙ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΜΗ
ΟΡΘΗ;

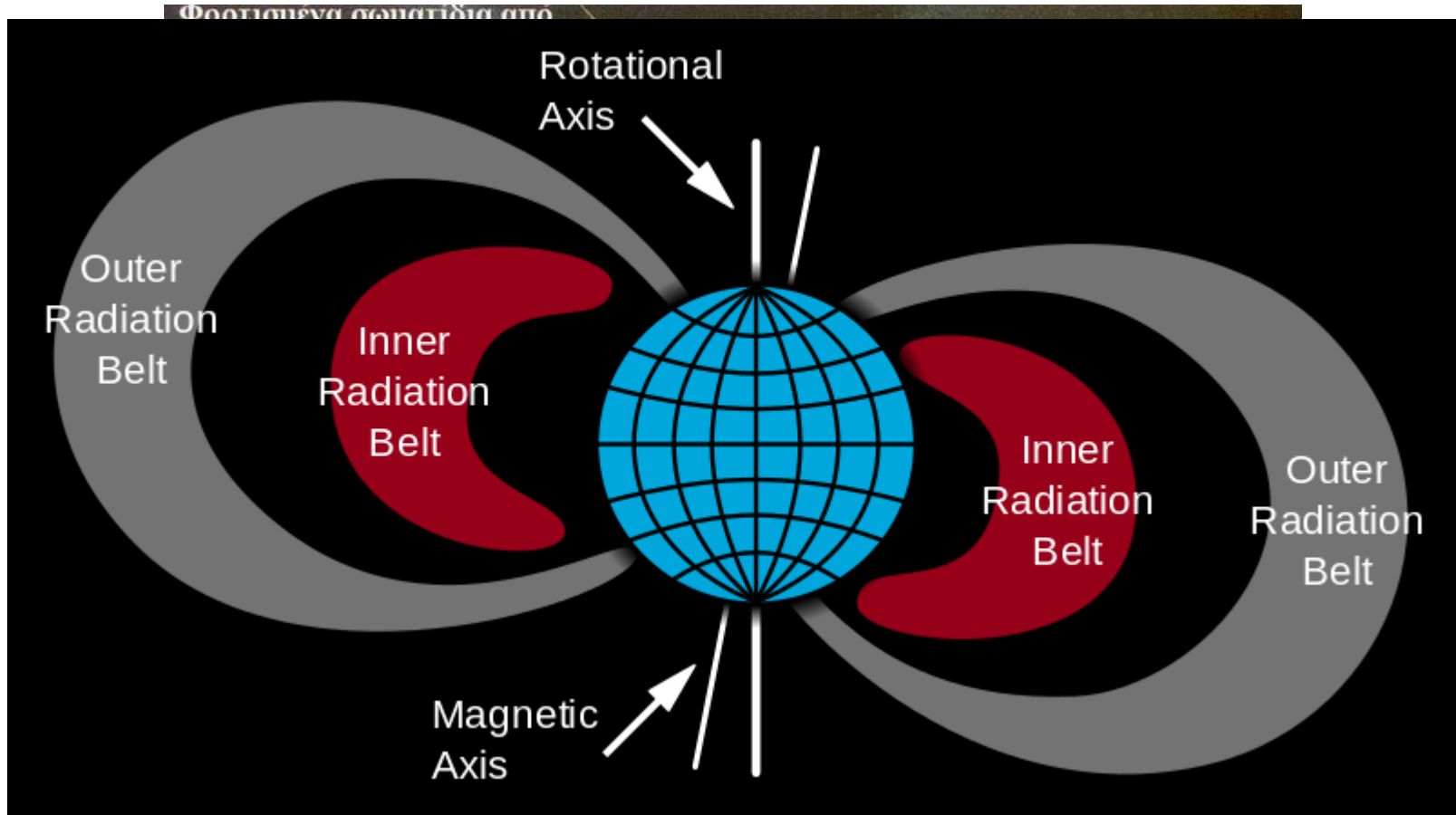
Ομογενές πεδίο

Αν η αρχική ταχύτητα έχει συνιστώσα παράλληλη προς το πεδίο, αυτή θα παραμείνει αμετάβλητη γιατί δεν υπάρχει δύναμη παράλληλη προς το πεδίο.



ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-1

ΖΩΝΕΣ VAN ALLEN



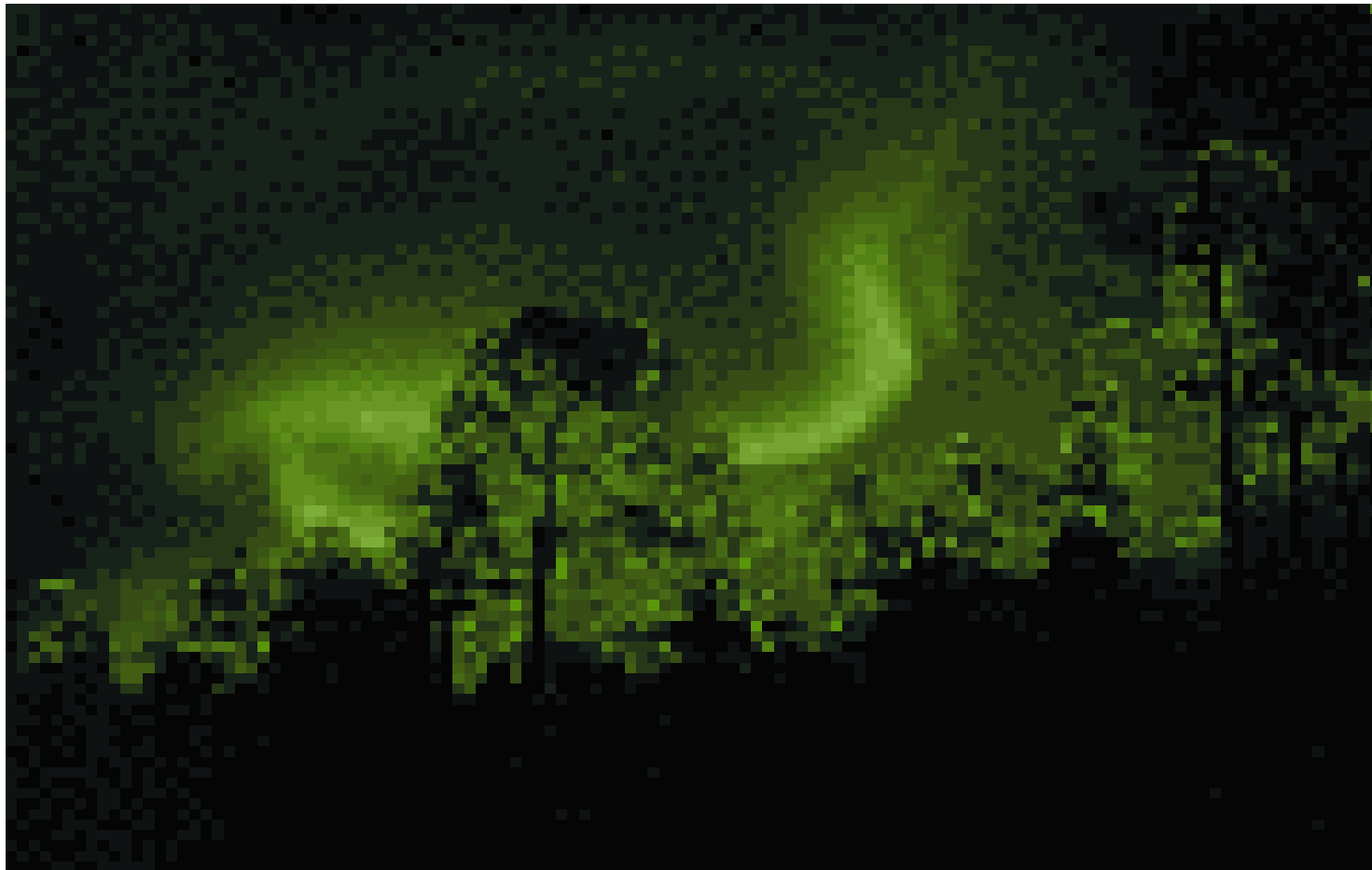
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Van_Allen_radiation_belt.svg



ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ

ΠΕΔΙΟ-2

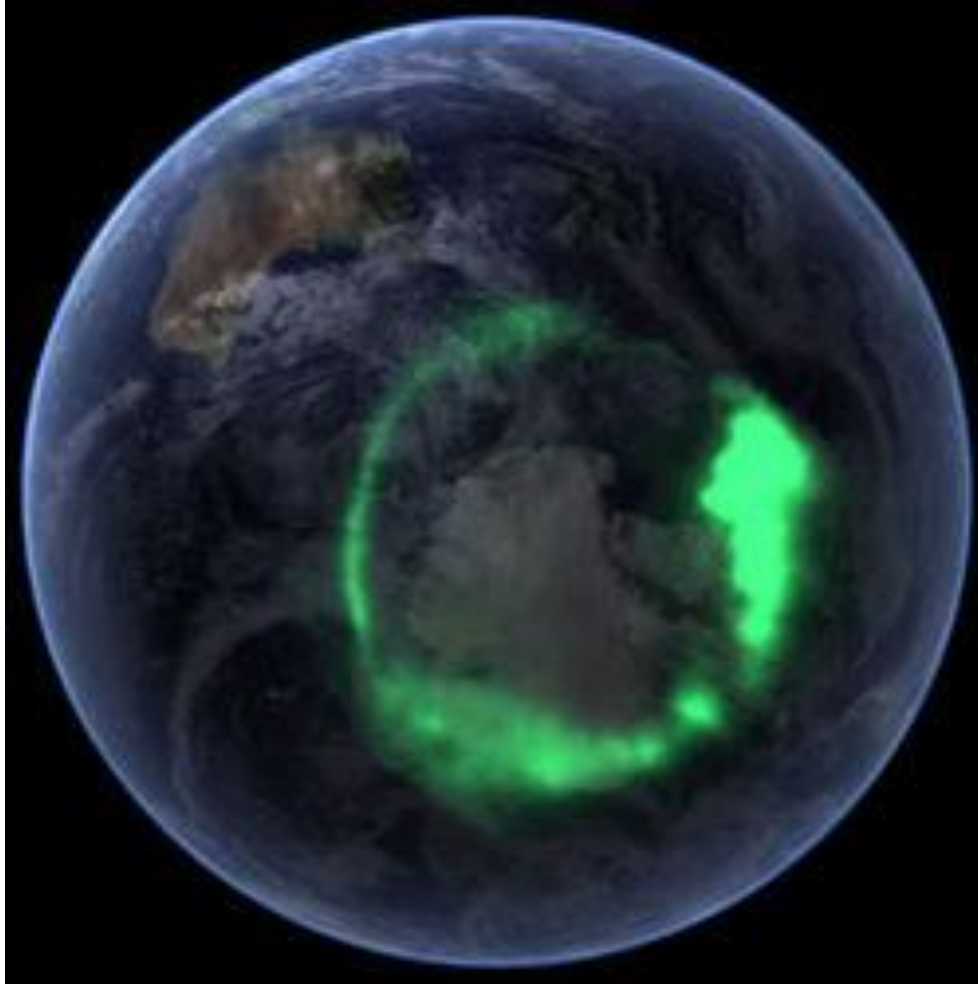
ΒΟΡΕΙΟ ΣΕΛΑΣ



http://virtual.finland.fi/finfo/English/aurora_borealis.html



ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-3



ΝΟΤΙΟ ΣΕΛΑΣ

Aurora australis ([September 11, 2005](#)) as captured by NASA's [IMAGE](#) satellite, digitally overlaid onto the [Blue Marble](#) composite image.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Aurora_\(astronomy\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Aurora_(astronomy))

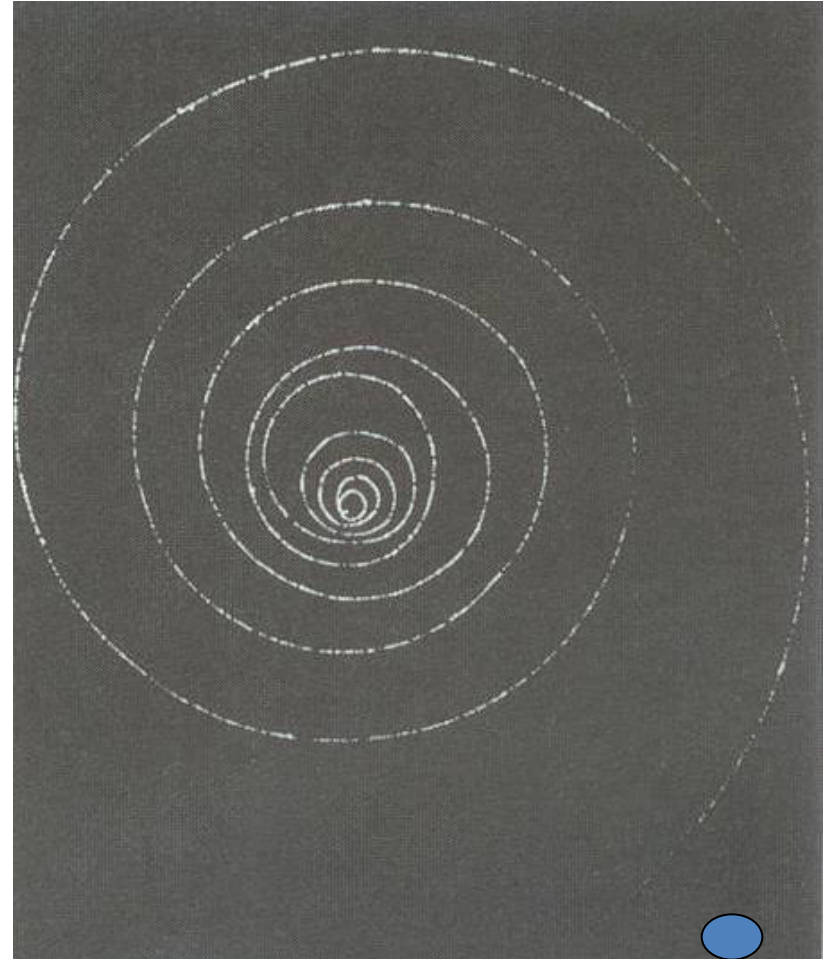


ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-4

ΥΓΡΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟ

ΘΑΛΑΜΟΣ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ

Ηλεκτρόνιο αρχικής κινητικής ενέργειας 27 Mev, $B=1,8$ T
Μέγιστη κυκλοτρονική ακτίνα 5 cm
Το σωματίδιο χάνει ενέργεια λόγω συγκρούσεων με άλλα σωματίδια



ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-5



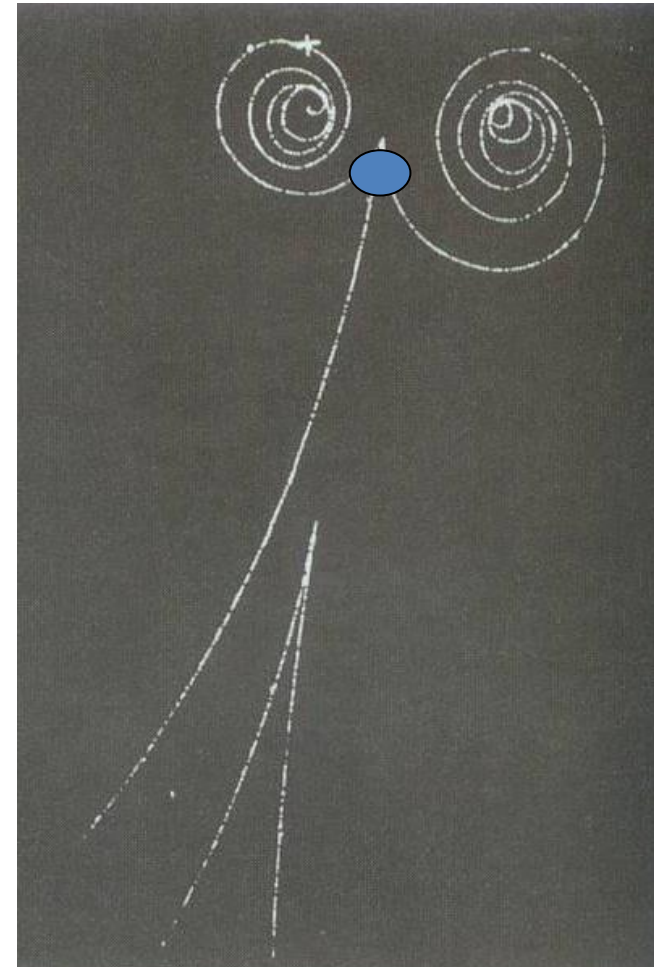
ΥΓΡΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟ

ΘΑΛΑΜΟΣ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ

Δίδυμος γένεσης

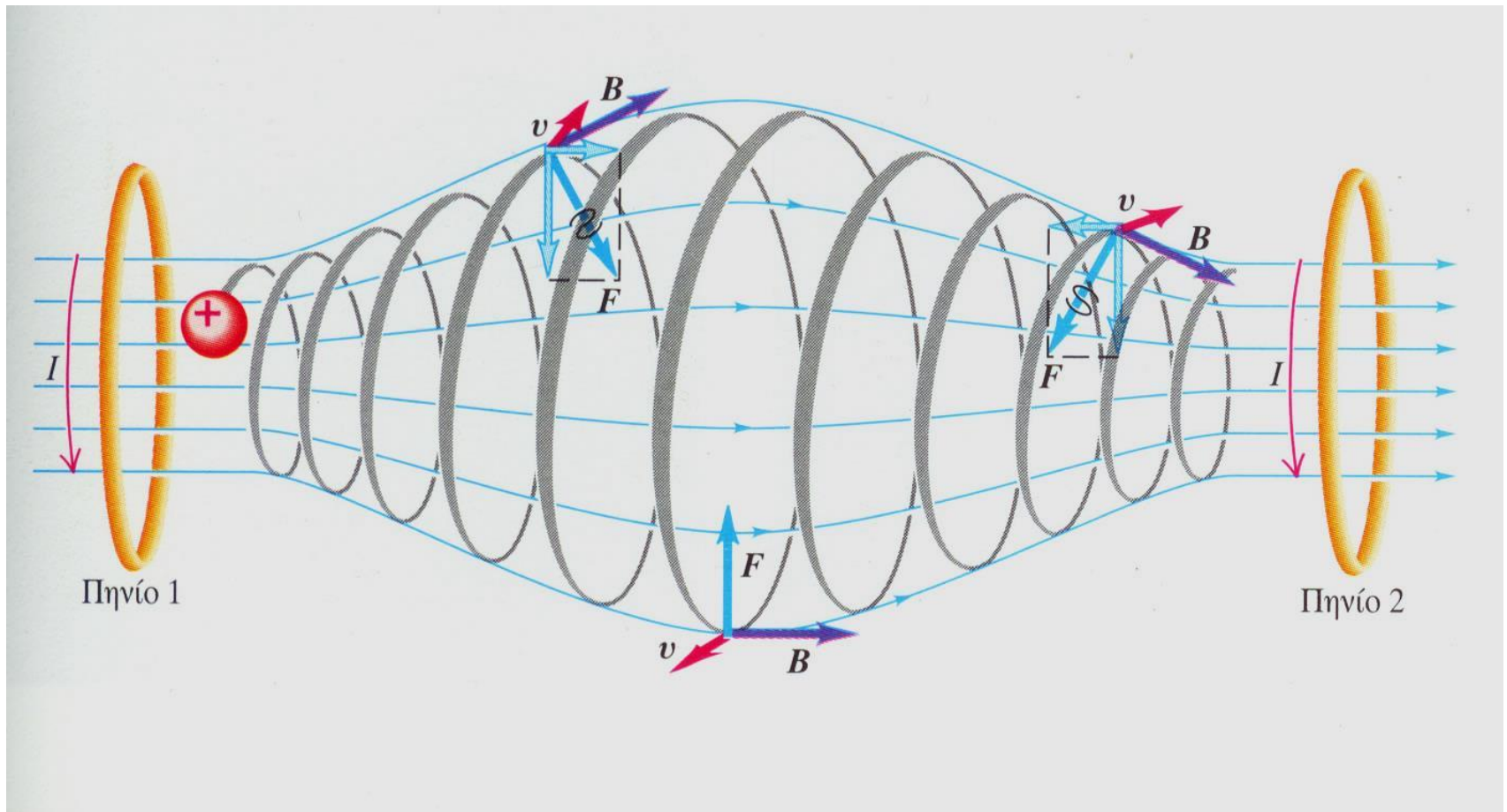
Υψηλής ενέργειας ακτίνα γ σκεδάζεται από το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου

Φαίνονται οι τροχιές του ζεύγους ηλεκτρονίου – ποζιτρονίου και του οπισθοσκεδαζόμενου ηλεκτρονίου.



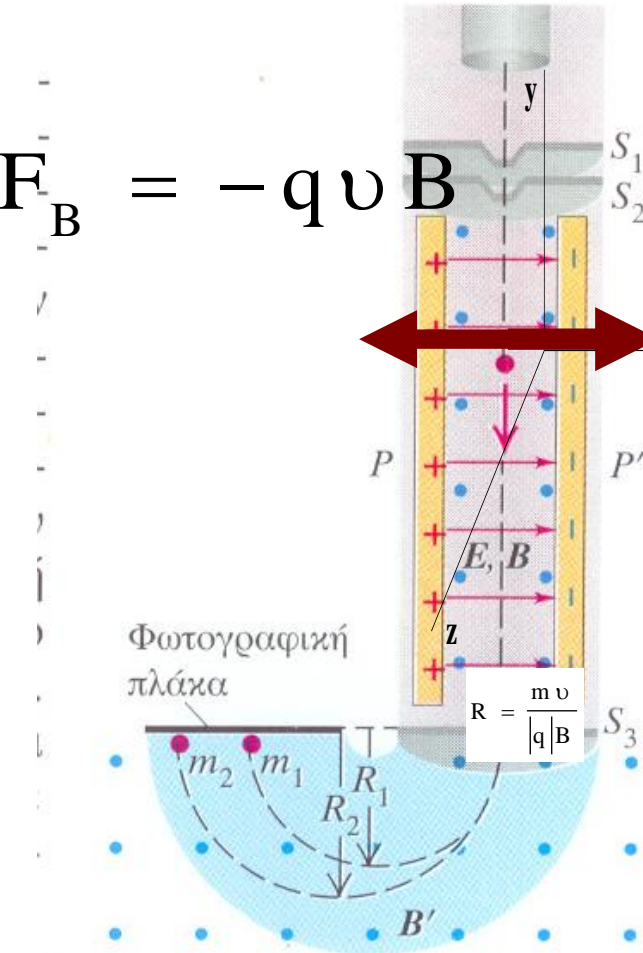
ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-6

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΦΙΑΛΗ



ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-7

ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΟ ΜΑΖΑΣ



← Επιλογέας ταχυτήτων, τα πεδία E και B είναι κάθετα μεταξύ τους

$$F_E = qE$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow qE - qvB = 0 \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

Δηλαδή επιτρέπεται η διέλευση μόνο των ιόντων των οποίων η ταχύτητα είναι ίση με το λόγο των μέτρων των πεδίων .

Στη συνέχεια το πεδίο B' αναγκάζει τα ιόντα σε κυκλική κίνηση, της οποίας η ακτίνα εξαρτάται από τη μάζα τους

$$R = \frac{m v}{|q| B'}$$



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΑΣΚΗΣΗ 28-2

Μέσα σε μαγνητικό πεδίο με κατεύθυνση προς τα επάνω εισέρχεται φορτισμένο σωματίο το οποίο κινείται αρχικά στο οριζόντιο επίπεδο με κατεύθυνση προς Βορρά. Λόγω του πεδίου το σωματίο αποκλίνει προς Ανατολάς. Ποιο είναι το πρόσημο του φορτίου του σωματίου;

ΑΣΚΗΣΗ 28-3

Ένα σωματίο με φορτίο -2.5×10^{-8} C κινείται με στιγμιαία ταχύτητα $\mathbf{U} = -(3.0 \times 10^4 \text{ m/s})\mathbf{i} + (5.0 \times 10^4 \text{ m/s})\mathbf{j}$

Ποια δύναμη ασκείται στο σωματίο από ένα μαγνητικό πεδίο

A) $\mathbf{B} = (1.4\text{T})\mathbf{i}$

B) $\mathbf{B} = (1.4\text{T})\mathbf{k}$



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Παπαζάχος
Κωνσταντίνος. Τσόκας Γρηγόριος. «Φυσική. Μαγνητικό Πεδίο». Έκδοση: 1.0.
Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS266/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Βεντούζη Χρυσάνθη
Θεσσαλονίκη, Χειμερινό Εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

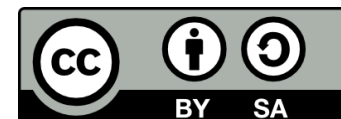


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

