

ΘΕΩΡΙΑ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος μέσα στον οποίο, αν βρεθεί κάποιος μαγνήτης, θα ασκηθεί πάνω του μαγνητική δύναμη

ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Είναι το φυσικό μέγεθος εκείνο που μας δείχνει το «πόσο ισχυρό» είναι το πεδίο στα διάφορα σημεία του.

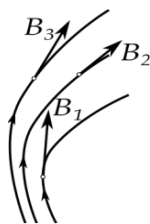
Η ένταση \vec{B} του μαγνητικού πεδίου είναι διανυσματικό μέγεθος. Η κατεύθυνση της έντασης σε ένα σημείο του μαγνητικού πεδίου ταυτίζεται με την κατεύθυνση μιας μαγνητικής βελόνας (από το νότιο προς τον βόρειο πόλο) που τοποθετείται και ισορροπεί στο σημείο αυτό.

Μονάδα μέτρησης

$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Δυναμική γραμμή ενός μαγνητικού πεδίου ονομάζεται εκείνη η νοητή γραμμή στην οποία η ένταση του πεδίου εφάπτεται σε κάθε σημείο της.



- Οι δυναμικές γραμμές είναι κλειστές. Για την περίπτωση ραβδόμορφου μαγνήτη, στο εξωτερικό του μαγνήτη οι δυναμικές γραμμές κατευθύνονται από το βόρειο προς το νότιο μαγνητικό πόλο ενώ στο εσωτερικό του μαγνήτη κατευθύνονται από το νότιο προς το βόρειο μαγνητικό πόλο.

- Στις περιοχές του πεδίου που οι δυναμικές γραμμές είναι πιο πυκνές, το

πεδίο είναι πιο ισχυρό, δηλαδή, η ένταση του πεδίου έχει μεγαλύτερο μέτρο.

- Οι δυναμικές γραμμές δεν τέμνονται ούτε και εφάπτονται σε κάποιο σημείο.

ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ Oersted

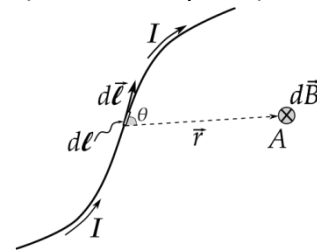
Ο Oersted έδειξε ότι τα μαγνητικά πεδία προέρχονται από ηλεκτρικά ρεύματα, δηλαδή από κινούμενα ηλεκτρικά φορτία.

ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ Biot - Savart

Το μέτρο της έντασης $d\vec{B}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\ell}{r^2} \eta \mu \theta$$

όπου θ η γωνία που σχηματίζει η κατεύθυνση του διανύσματος $d\vec{\ell}$ με την κατεύθυνση του διανύσματος θέσης \vec{r} .



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ

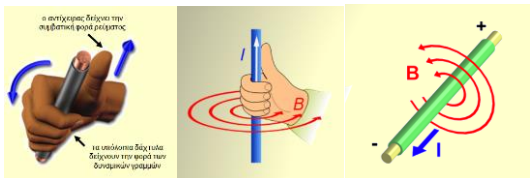
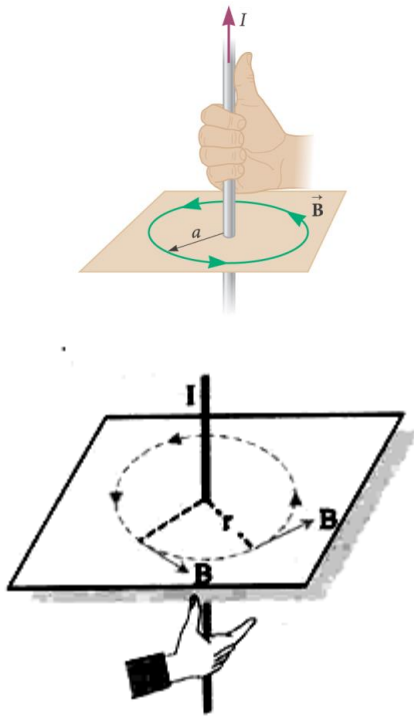
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2 \cdot I}{r} \cdot N,$$

όπου

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

η μαγνητική διαπερατότητα του κενού

συμμετρία

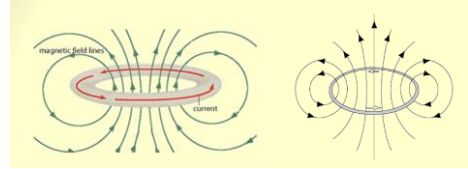
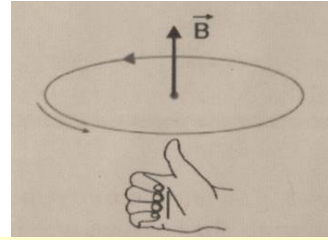
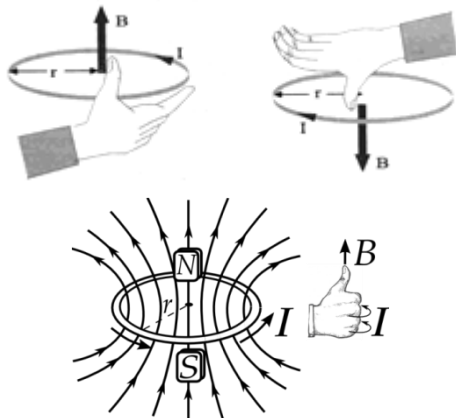


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi \cdot I}{r} \cdot N$$

όπου

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm} / \text{A}$$



ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

Η ένταση σε ένα σημείο A του άξονα του σωληνοειδούς κοντά στο κέντρο του

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I$$

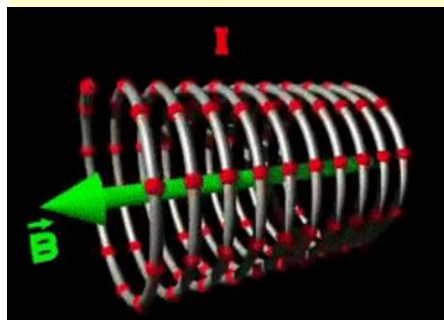
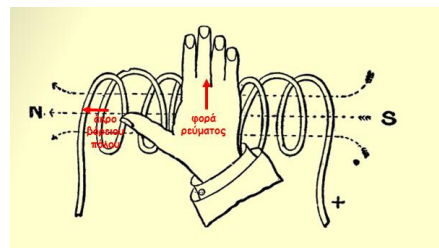
όπου

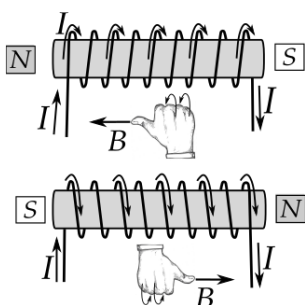
$$n = \frac{N}{l}$$

ο αριθμός σπειρών ανά μονάδα μήκους

Η ένταση σε ένα σημείο κοντά στα άκρα του

$$B' = \frac{B}{2} \Rightarrow B' = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{2}$$



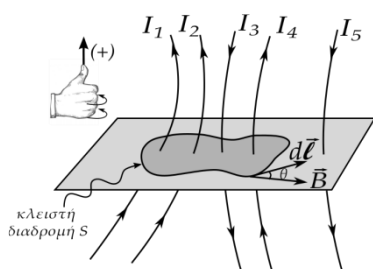


ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ AMPERE

Κατά μήκος της κλειστής διαδρομής S , το άθροισμα των εσωτερικών γινομένων $\sum \vec{B} \cdot d\vec{\ell}$ ισούται με το γινόμενο $\mu_0 \cdot I_{\text{περ}}$, όπου $I_{\text{περ}}$ το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων που διέρχονται από την επιφάνεια η οποία περιβάλλεται από την κλειστή διαδρομή S .

$$\sum \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \cdot I_{\text{περ}} \Rightarrow$$

$$\sum B \cdot d\ell \cdot \cos\theta = \mu_0 \cdot I_{\text{περ}}$$

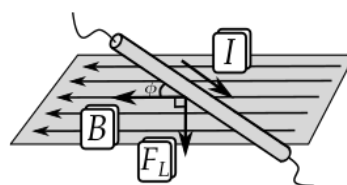


- ισχύει μόνο για ρεύματα που έχουν σταθερή ένταση και κατ' επέκταση δημιουργούν μαγνητικά πεδία που δεν μεταβάλλονται με τον χρόνο

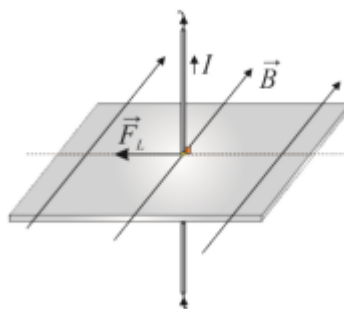
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \eta\mu\phi$$

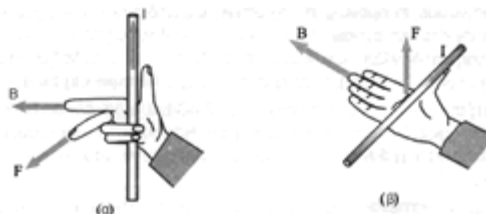
Όπου ϕ η γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.



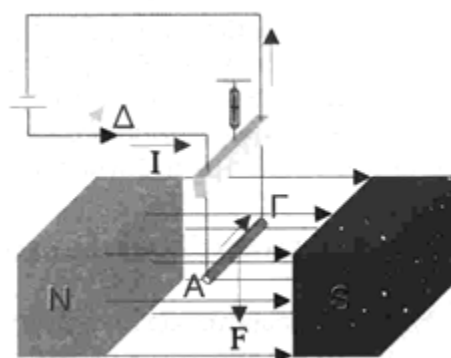
Όταν ο αγωγός είναι κάθετα τοποθετημένος στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ($\phi = 90^\circ$), τότε $\eta\mu 90^\circ = 1$, οπότε η δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός είναι μέγιστη και ίση με $F_L = BI\ell$.

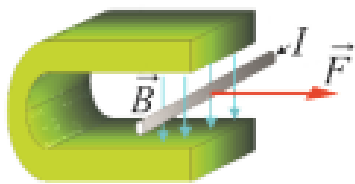


Όπου ϕ γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών



- α) Ο κανόνας των Τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.
- β) Η τεχνική της δεξιάς παλάμης





Ορισμός 1 Tesla (T)

είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο οποίο, αν τοποθετήσουμε έναν ευθύγραμμο αγωγό μήκους 1 m που διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1 A, θα ασκηθεί πάνω του δύναμη Laplace ίση με 1 N.

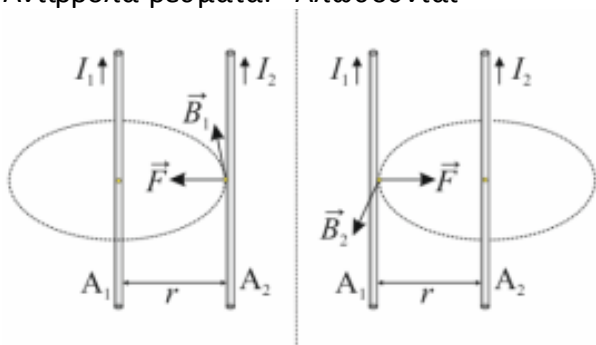
$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΑΓΩΓΟΙ

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{r} l$$

Ομόρροπα ρεύματα : Έλκονται

Αντίρροπα ρεύματα: Απωθούνται



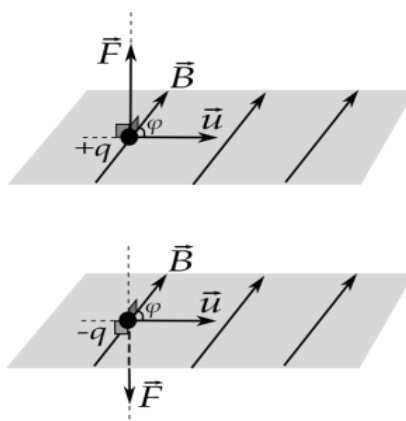
Ορισμός 1 Ampere

1 A είναι η ένταση του σταθερού ρεύματος που όταν διαρρέει δύο ευθύγραμμους παράλληλους αγωγούς απείρου μήκους, οι οποίοι βρίσκονται στο κενό και σε απόσταση $d = 1 \text{ m}$ ο ένας από τον άλλο, τότε σε τμήμα μήκους $\ell = 1 \text{ m}$ ο ένας ασκεί στον άλλο δύναμη $F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$.

ΔΥΝΑΜΗ LORENTZ

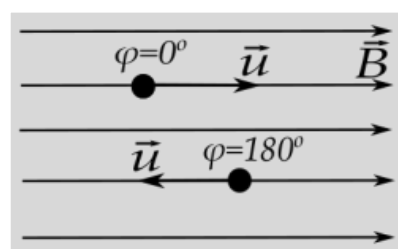
$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \mathbf{u} |q| \eta \mu \varphi$$

όπου φ είναι η γωνία που σχηματίζει η ταχύτητα \vec{u} του φορτισμένου σωματιδίου με την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου.



Η δύναμη Lorentz είναι ίση με μηδέν όταν:

- Το σωματίδιο δεν είναι φορτισμένο ($q = 0$), όπως για παράδειγμα ένα νετρόνιο.
- Το φορτισμένο σωματίδιο είναι ακίνητο ($u = 0$).
- Το φορτισμένο σωματίδιο κινείται παράλληλα στις μαγνητικές γραμμές, οπότε τα διανύσματα \vec{u} και \vec{B} είναι παράλληλα σχηματίζοντας γωνία $\varphi = 0^\circ$ ή $\varphi = 180^\circ$.



Η δύναμη Lorentz που δέχεται ένα φορτισμένο σωματίδιο είναι συνεχώς κάθετη στην ταχύτητα του σωματιδίου, άρα είναι κάθετη και σε κάθε στοιχειώδη μετατόπισή του. Αυτό σημαίνει ότι το έργο της δύναμης αυτής σε κάθε στοιχειώδη μετατόπιση του σωματιδίου ισούται με μηδέν

Όταν η ταχύτητα εκτόξευσης είναι κάθετη στις μαγνητικές γραμμές

Ακτίνα R

Επειδή η μαγνητική δύναμη που δέχεται το φορτισμένο σωματίδιο συμπεριφέρεται ως κεντρομόλος δύναμη, ισχύει:

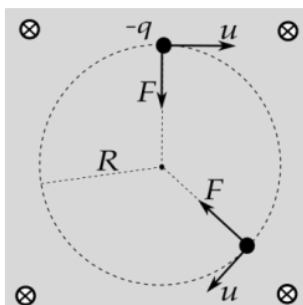
$$\Sigma \vec{F}_R = m \vec{a}_k \Rightarrow$$

$$F = m \frac{u^2}{R} \Rightarrow$$

$$Bv|q| = m \frac{u^2}{R} \Rightarrow$$

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

όπου R η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.



Περίοδος T

Επειδή το σωματίδιο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας, η ακτίνα R και η περίοδος περιφοράς T του σωματιδίου ικανοποιούν τη σχέση $u = \frac{2\pi R}{T}$.

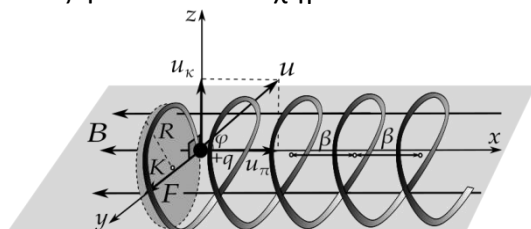
Με αντικατάσταση της ακτίνας R από την προηγούμενη σχέση (1), προκύπτει:

$$T = \frac{2\pi \cdot \frac{mu}{B|q|}}{u} \Rightarrow$$

$$T = \frac{2\pi m}{B|q|}$$

Όταν η ταχύτητα εκτόξευσης σχηματίζει τυχαία γωνία με τις μαγνητικές γραμμές

Από τη σύνθεση των δύο αυτών κινήσεων, δηλαδή μιας ομαλής κυκλικής και μιας ευθύγραμμης ομαλής, η οποία είναι κάθετη στο επίπεδο της κυκλικής τροχιάς, προκύπτει ότι το σωματίδιο εκτελεί ελικοειδή κίνηση, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Ο άξονας της έλικας είναι πάντοτε παράλληλος προς τις μαγνητικές γραμμές και

η ακτίνα της έλικας υπολογίζεται από τη σχέση

$$R = \frac{mu_{\kappa}}{B|q|}$$

Η περίοδος της ομαλής κυκλικής κίνησης, που εκτελεί το σωματίδιο εξαιτίας της ταχύτητας \vec{u}_{κ} , ονομάζεται περίοδος της έλικας και υπολογίζεται από τη σχέση

$$T = \frac{2\pi m}{B|q|}$$

Το διάστημα που διανύει το σωματίδιο κατά μήκος του άξονα της έλικας (δηλαδή του άξονα που είναι παράλληλος στις μαγνητικές γραμμές) σε χρόνο ίσο με την περίοδο της κυκλικής κίνησης, που εκτελεί λόγω της ταχύτητας \vec{u}_{κ} , ονομάζεται βήμα της έλικας (β)

$$\beta = u_{\pi} T \Rightarrow$$

$$\beta = \frac{2\pi m}{B|q|} u_{\pi}$$

όπου

\vec{u}_{π} η συνιστώσα η οποία είναι παράλληλη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και έχει μέτρο ίσο με $u_{\pi} = u \sin\varphi$ και

\vec{u}_{κ} η συνιστώσα η οποία είναι κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και έχει μέτρο ίσο με $u_{\kappa} = u \cos\varphi$.

Μήκος τροχιάς που διαγράφει το σωματίδιο

$$S = u \cdot \Delta t$$

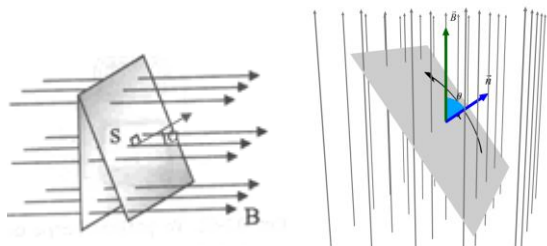
ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ

Εκφράζει τον αριθμό των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου που διέρχονται από μία επιφάνεια η οποία είναι τοποθετημένη μέσα σε αυτό.

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$$

συμμετρία

Όπου α είναι η γωνία που σχηματίζει η κάθετη στην επιφάνεια με την ένταση του μαγνητικού πεδίου.



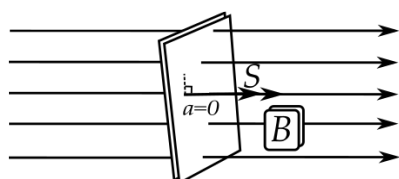
Μονάδα μέτρησης της μαγνητικής ροής ονομάζεται 1 Weber

$$1\text{Wb} = 1\text{Tm}^2$$

1 Wb είναι η μαγνητική ροή που περνάει μέσα από επιφάνεια εμβαδού 1m^2 , η οποία είναι τοποθετημένη κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης 1 T.

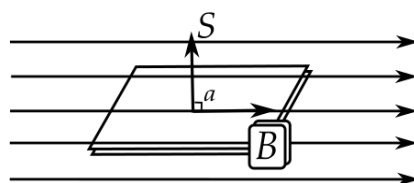
Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, η γωνία που σχηματίζει η κάθετη στην επιφάνεια με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι ίση με $\alpha = 0^\circ$, στην περίπτωση αυτή είναι μέγιστη και ίση με:

$$\Phi = BS$$



Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, τότε από αυτή δεν διέρχεται καμία δυναμική γραμμή. Η γωνία που σχηματίζει σε αυτή την περίπτωση η κάθετη στην επιφάνεια με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι ίση με $\alpha = 90^\circ$ στην περίπτωση αυτή είναι ελάχιστη και ίση με μηδέν:

$$\Phi = 0$$



ΝΟΜΟΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ (FARADAY)

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή (επαγωγική τάση) που εμφανίζεται στα άκρα ενός πηνίου είναι ανάλογη με τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής και ανάλογη με τον αριθμό N των σπειρών του πηνίου

$$E_{\varepsilon\pi} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N$$

ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ LENZ

Το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά ώστε το μαγνητικό του πεδίο να αντιστέκεται στην αιτία που το προκάλεσε.

Ο κανόνας του Lenz είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

$$\left. \begin{aligned} I_{\varepsilon\pi} &= \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{ολ}} \\ E_{\varepsilon\pi} &= \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{1}{R_{ολ}} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ($Q_{\varepsilon\pi}$)

Το ηλεκτρικό φορτίο που μετατοπίζεται από μία διατομή ενός αγωγού για δεδομένη μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι ανεξάρτητο από τον χρόνο που διαρκεί η μεταβολή αυτή.

$$\left. \begin{aligned} Q_{\varepsilon\pi} &= I_{\varepsilon\pi} \cdot \Delta t \\ I_{\varepsilon\pi} &= \frac{1}{R_{ολ}} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q_{\varepsilon\pi} = \frac{\Delta\Phi}{R_{ολ}}$$

(Νόμος του Neumann)