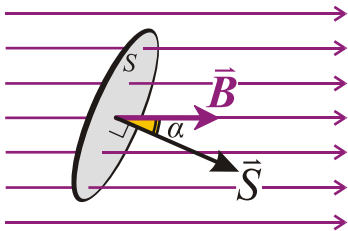


ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ



➤ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ:

Το φυσικό (μονόμετρο) μέγεθος που εκφράζει τον αριθμό* των δυναμικών γραμμών που διέρχονται μέσα από μια επιφάνεια, εμβαδού S , όταν αυτή βρίσκεται σε ένα μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} .



$$\Phi = B S \sigma \nu \alpha \quad (S.I.: 1Wb = 1Weber = 1T m^2)$$

S : εμβαδόν επιφάνειας

\vec{B} : διάνυσμα έντασης μαγν. πεδίου

\vec{S} : διάνυσμα κάθετο στην S

α : γωνία μεταξύ των διανυσμάτων \vec{B} & \vec{S}

καμία δ.γ. δεν διέρχεται από την επιφάνεια

$\Phi = B \cdot S \cdot \sigma \nu \alpha 90^\circ$
 $\Phi = 0$ (min)

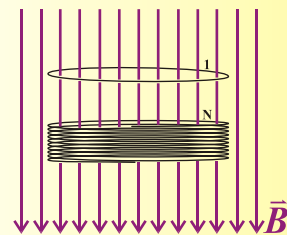
ο μέγιστος αριθμός δ.γ. διέρχεται από την επιφάνεια

$\Phi = B \cdot S \cdot \sigma \nu \alpha 0^\circ$
 $\Phi = B \cdot S$ (max)

$\Phi = B \cdot S \cdot \sigma \nu \alpha$

* όχι ποσοτικά (αριθμητικά)
αλλά ποιοτικά (συγκριτικά)

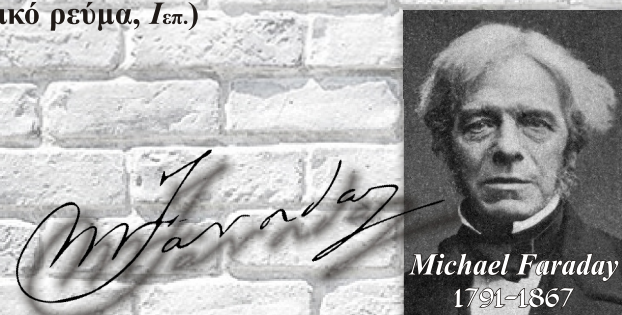
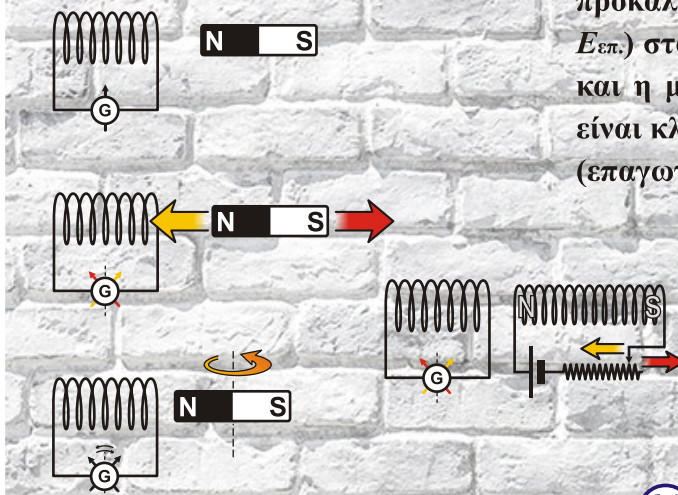
⚠ Προσοχή: μπορεί ο αριθμός των δ. γραμμών που διέρχονται και από το πρώτο και από το δεύτερο πλαίσιο να είναι ο ίδιος...



...όμως, η μ. ροή στο πλαίσιο της μιας σπείρας είναι $\Phi = BS$ και στο πλαίσιο των N σπειρών είναι $\Phi' = NBS$, αφού η συνολική επιφάνεια μέσα από την οποία περνούν οι δ.γραμμές είναι $S_{ολ.} = NS$.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο, η μεταβολή (με οποιονδήποτε τρόπο) της μαγνητικής ροής που περνά από τις σπείρες ενός πηνίου (ή μιας μόνο σπείρας) προκαλεί ανάπτυξη Ηλεκτρ.Εγερτικής Δύναμης (ΗΕΔ, $E_{επ.}$) στο πηνίο (ή τη σπείρα) που διαρκεί όσο διαρκεί και η μεταβολή της ροής. Αν το πηνίο (ή η σπείρα) είναι κλειστό, η ΗΕΔ από επαγωγή, δημιουργεί ρεύμα (επαγωγικό ρεύμα, $I_{επ.}$)



Michael Faraday
1791-1867

Νόμος του Faraday

Νόμος της Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής

$$E_{επ.} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



το “-” προέρχεται από τον κανόνα του Lenz

Η ΗλεκτρΕγερτική Δύναμη από επαγωγή ($E_{επ.}$) που δημιουργείται σε ένα πηνίο είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πηνίο ($\Delta\Phi/\Delta t$) και του αριθμού των σπειρών του (N).

Η πολικότητα της ΗΕΔ από επαγωγή (και του επαγωγικού ρεύματος, αν υπάρχει) προκύπτει από τον κανόνα του Lenz

<p>$E_{επ.}$</p>	$E_{επ.} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
<p>$E_{επ.}$</p>	
<p>$E_{επ.}$</p>	$E_{επ.} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\Phi = BS$
<p>$E_{επ.}$</p>	
<p>$E_{επ.}$</p>	$E_{επ.} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\Phi = BS$
<p>$E_{επ.}$</p>	
<p>$E_{επ.}$</p>	$E_{επ.} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
<p>$E_{επ.}$</p>	



Georg Ohm
1789-1854

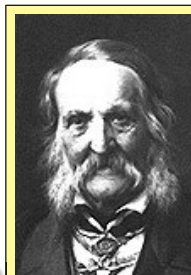
Επαγωγικό Ρεύμα
(σε κλειστό κύκλωμα)

$$I_{επ.} = \frac{E_{επ.}}{R_{ολ.}}$$

νόμος του Ohm

Επαγωγικό Φορτίο
(σε κλειστό κύκλωμα)

$$q_{επ.} = N \frac{|\Delta\Phi|}{R_{ολ.}}$$



Franz Ernst
Neumann
1798-1895

νόμος του Neumann

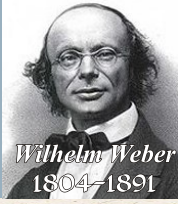
Το επαγωγικό φορτίο που μετατοπίζεται σε ορισμένη μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι ανεξάρτητο από τον χρόνο που διαρκεί η μεταβολή αυτή.

$$q_{επ.} = I_{επ.} \Delta t = \frac{E_{επ.}}{R_{ολ.}} \Delta t = \frac{N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}}{R_{ολ.}} \Delta t = N \frac{|\Delta\Phi|}{R_{ολ.}}$$

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

1 Weber (S.I.)

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ



1 Wb είναι η μαγνητική ροή η οποία όταν περνά από μια σπείρα και ελαττώνεται ομοιόμορφα ως την τιμή μηδέν μέσα σε 1 sec, αναπτύσσει ΗΕΔ από επαγωγή ίση με 1 Volt.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$$

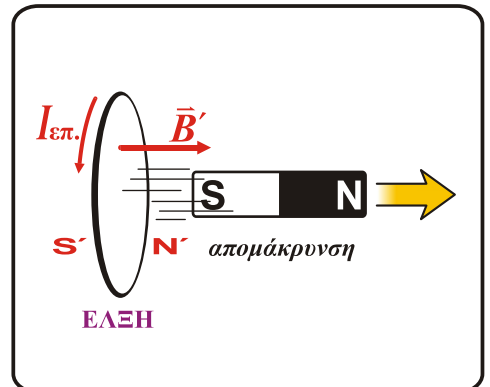
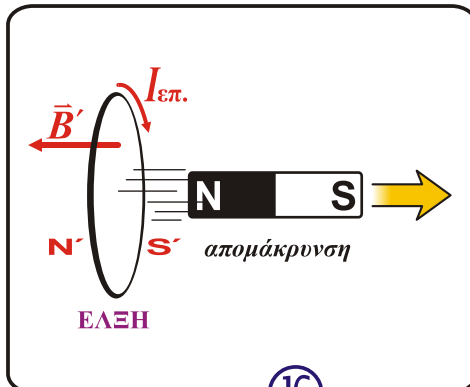
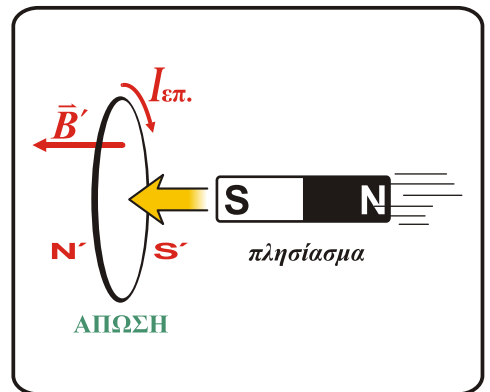
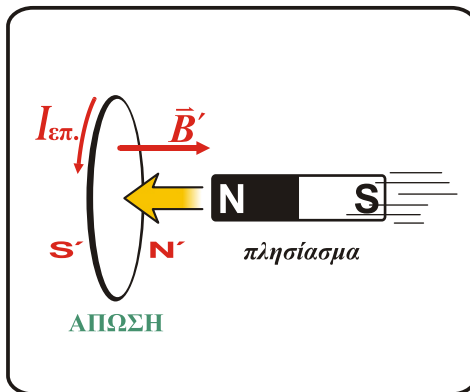
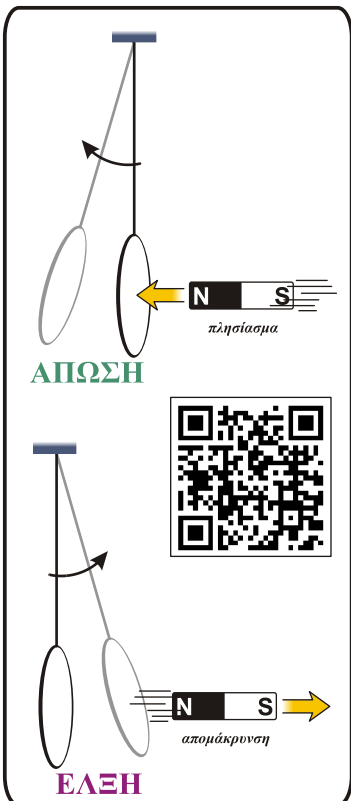
$$E_{\text{επ.}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |E_{\text{επ.}}| = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} |\Delta\Phi| = |E_{\text{επ.}}| \Delta t \xrightarrow{\text{S.I.}} 1 \text{ Weber} = 1 \text{ Volt} \cdot \text{sec}$$

κανόνας του **Lenz**
 Είναι αποτέλεσμα της Αρχής Διατήρησης της Ενέργειας

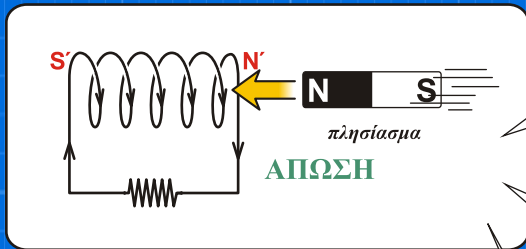


Το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί να αντιτίθεται στην αιτία που το προκάλεσε.

- **Αίτιο:** αύξηση της μαγν. ροής $\Rightarrow I_{\text{επ.}}$: τέτοια φορά ώστε $\vec{B}_{\text{επ.}} \uparrow \downarrow \vec{B}_{\text{εξ.}}$
- **Αίτιο:** μείωση της μαγν. ροής $\Rightarrow I_{\text{επ.}}$: τέτοια φορά ώστε $\vec{B}_{\text{επ.}} \uparrow \uparrow \vec{B}_{\text{εξ.}}$

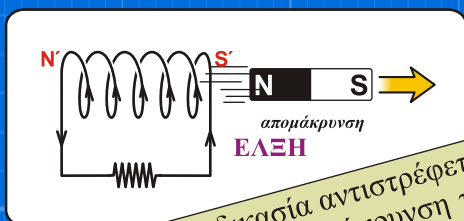


ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΝΟΝΑ ΤΟΥ LENZ



Κατά το πλησίασμα του μαγνήτη, το επαγωγικό ρεύμα στο πηνίο έχει τέτοια φορά ώστε το μαγν. πεδίο που θα δημιουργήσει να αντισταθεί στη μεταβολή, δηλαδή στο πλησίασμα.

Έτσι το μαγνητικό πεδίο του πηνίου απωθεί τον μαγνήτη. Δημιουργείται επομένως βόρειος πόλος (N') στο άκρο του πηνίου που είναι απέναντι από τον βόρειο πόλο (N) του μαγνήτη.



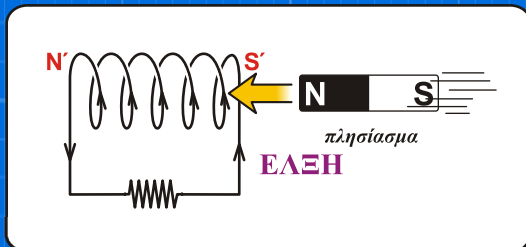
Η φορά του επαγωγικού ρεύματος βγαίνει από τον κανόνα του δεξιού χεριού.



Η διαδικασία αντιστρέφεται κατά την απομάκρυνση του μαγνήτη: έχουμε ΕΛΞΗ

WHAT IF?

ΑΝ ΔΕΝ ΙΣΧΥΕ Ο ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ LENZ...



το πηνίο

- διαρρέεται από ρεύμα (ώστε να γίνει ηλεκτρομαγνήτης και να έλκει τον μαγνήτη)
- εμφανίζεται ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα

ο μαγνήτης

- επιταχύνεται
- αυξάνεται η ταχύτητά του
- αυξάνει η κινητική του ενέργεια

Έτσι η συνολική ενέργεια του συστήματος "μαγνήτης-κύκλωμα πηνίου" θα αυξάνεται διαρκώς, πράγμα που αντιβαίνει την Α.Δ.Ε.

Ή αν κατά το πλησίασμα είχαμε έλξη, τότε ο μαγνήτης θα συνέχιζε μόνος του, άρα θα είχαμε κίνηση (και άρα ενέργεια) από το μηδέν

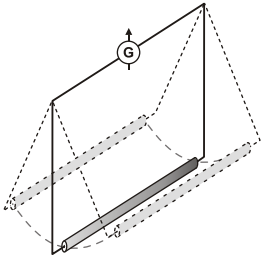
- ➔ Για να υπερνικηθεί η άπωση που δέχεται ο μαγνήτης, του προσφέρουμε ενέργεια.
- ➔ Αυτό γίνεται μέσω του έργου της δύναμης που του ασκούμε (για να τον κινήσουμε ενάντια στην άπωση που δέχεται).
- ➔ Αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα και τελικά (μέσω της αντίστασης) σε θερμότητα που εκλύεται στο περιβάλλον.



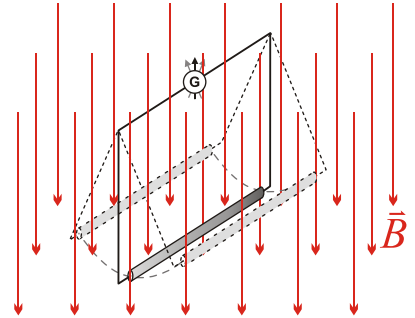
Μαγνητικό Φρένο

Ένα πείραμα επιβεβαίωσης του κανόνα του Lenz

❖ Όταν ο αγωγός ταλαντώνεται χωρίς την ύπαρξη μαγνητικού πεδίου τότε εκτελεί αρκετές ταλαντώσεις, μέχρι να σταματήσει λόγω τριβών.



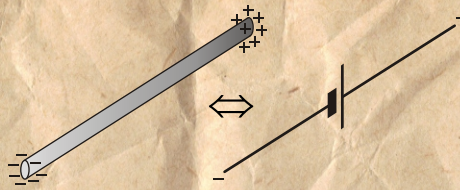
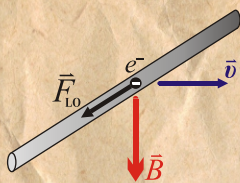
❖ Όταν εμφανιστεί το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο δημιουργείται στον αγωγό επαγωγικό ρεύμα ώστε το αποτέλεσμα του (η δύναμη Laplace) να αναιρεί τη μεταβολή, δηλαδή την ταλάντωση.



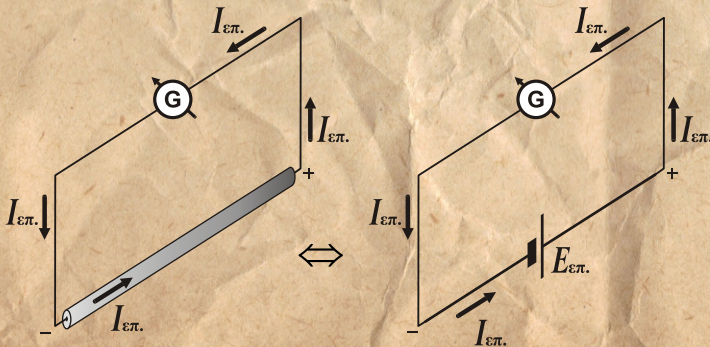
❖ Έτσι η ταλάντωση του αγωγού αποσβαίνει γρηγορότερα.

ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΦΡΕΝΟΥ

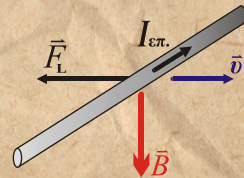
με τη χρήση της δύναμης Lorentz για την πολικότητα της ράβδου και τη χρήση της δύναμης Laplace για το "φρενάρισμα"



» Οι δυνάμεις Lorentz συσσωρεύουν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στο ένα άκρο της ράβδου. Η ράβδος γίνεται "πηγή".



»» Η δύναμη Laplace είναι αντίθετη της ταχύτητας και επιβραδύνει (φρενάρει) τη ράβδο.



» Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και η ράβδος δέχεται δύναμη Laplace.

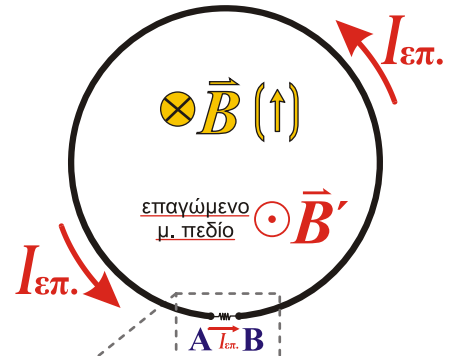
ΤΑ ΠΑΝΤΑ ΑΝΤΙΣΤΡΕΦΟΝΤΑΙ ΟΤΑΝ Ο ΑΓΩΓΟΣ ΑΛΛΑΞΕΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

Πολικότητα της Επαγωγικής Τάσης

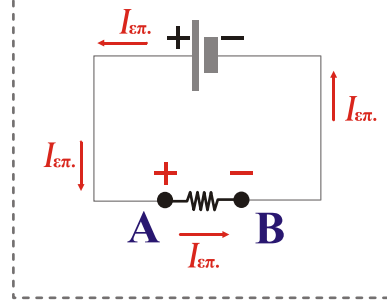


Όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή στον δακτύλιο δημιουργείται επαγωγικό φαινόμενο.

Αν ο δακτύλιος χεφυρωθεί με μια αντίσταση, στα άκρα ΑΒ, θα αποτελέσει κλειστό κύκλωμα και θα διαρρέεται από ρεύμα σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz.

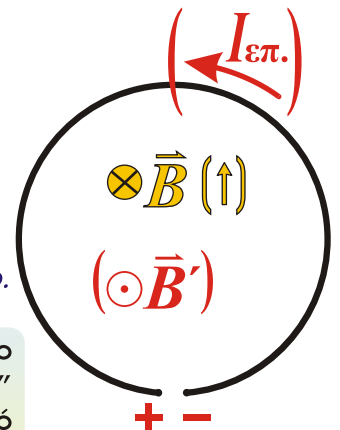


Για να γίνει αυτό θα πρέπει να υπάρχει πηγή με θετικό πόλο στο Α και αρνητικό στο Β...



...αυτή η πηγή είναι όπως ο δακτύλιος, αφού σε όλην τον δακτύλιο έχουμε το επαγωγικό φαινόμενο.

Έτσι η αντίσταση θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Α→Β



Η πολικότητα της επαγωγικής τάσης σε ανοικτό δακτύλιο είναι τέτοια ώστε όταν ο δακτύλιος γεφυρωθεί, η "γέφυρα" να διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο (από υψηλό σε χαμηλό δυναμικό).

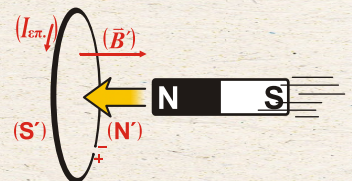
Το επαγωγικό ρεύμα έχει τη φορά που επιβάλλει ο κανόνας του Lenz, αν ο δακτύλιος ήταν κλειστός.

ΕΝΑΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑΣ

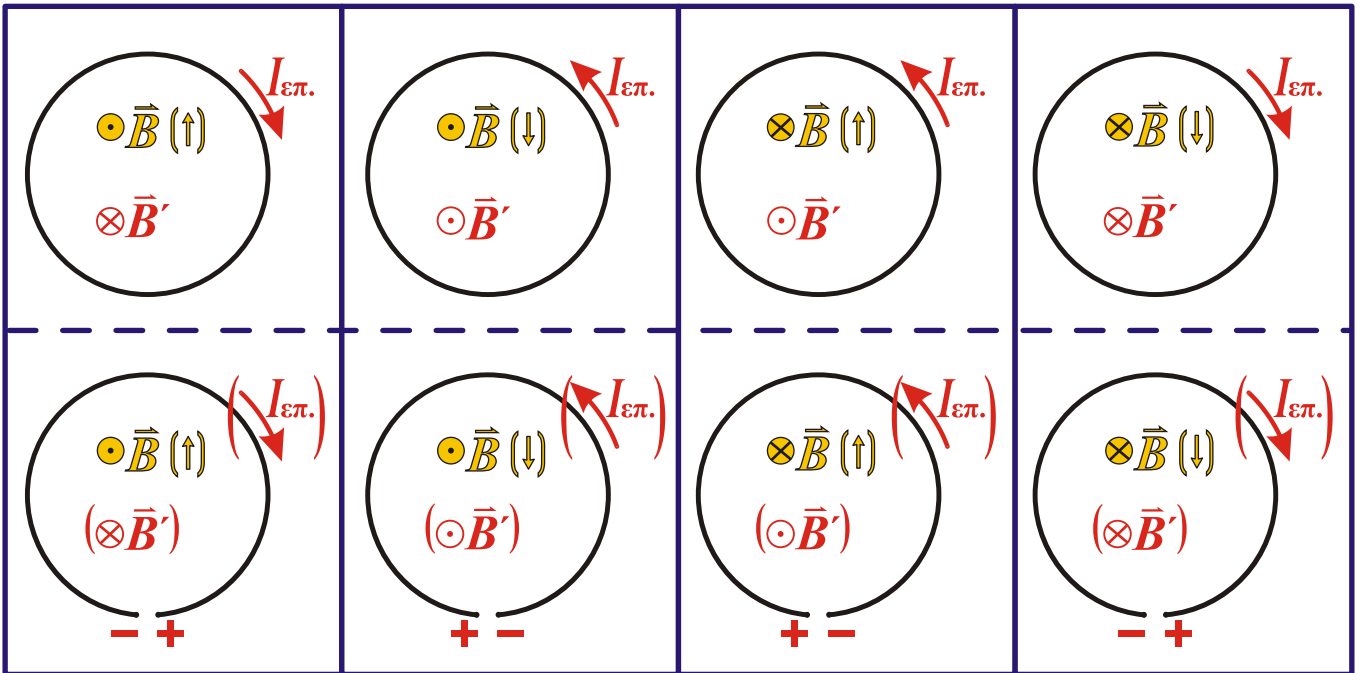
Αν ο δακτύλιος είναι ανοικτός "ξεκινάει" να δημιουργείται ένα επαγωγικό ρεύμα, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz. Το ρεύμα αυτό μηδενίζεται άμεσα, μιας και για συνεχή ροή ρεύματος χρειαζόμαστε κλειστό δακτύλιο.

Μέχρι, όμως, να μηδενιστεί προλαβαίνει και συσσωρεύει θετικά φορτία (συμβατική φορά) στο άκρο του δακτυλίου στο οποίο κατευθύνεται. Το άκρο αυτό φορτίζεται θετικά και φυσικά το άλλο άκρο φορτίζεται αρνητικά.

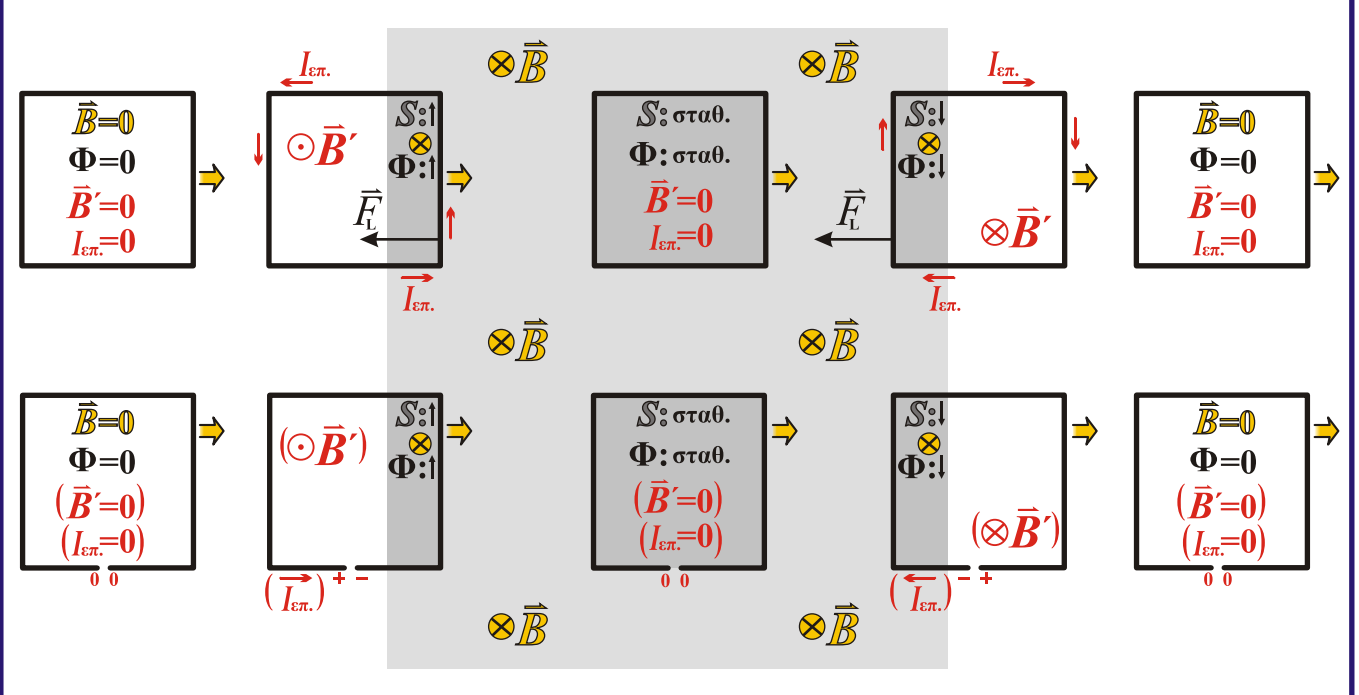
- Τα Β', Ν', S' και I_{επ.} έχουν μπει σε παρένθεση διότι δεν υπάρχουν συνεχώς, αλλά μόνο στην αρχή.
- Ο μαγνήτης απωθείται: Ν' απέναντι από τον Ν.
- Άρα το Β' είναι προς τα δεξιά και το I_{επ.} είναι σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού.
- Το I_{επ.} (συμβατική φορά) συσσωρεύει θετικά φορτία στο άκρο που φαίνεται στο σχήμα.



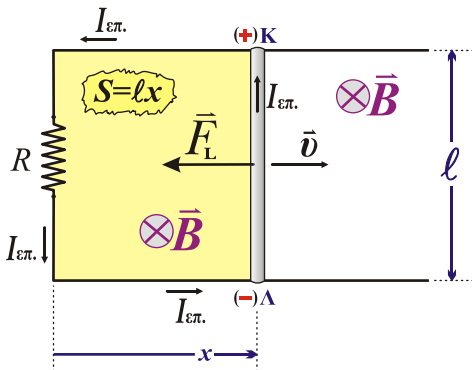
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΟΡΑΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ & ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ
 ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕΣΑ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟ Η ΚΛΕΙΣΤΟ ΔΑΚΤΥΛΙΟ



ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΟΡΑΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ & ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ
 ΑΝΟΙΚΤΟ Η ΚΛΕΙΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΥ ΕΙΣΕΡΧΕΤΑΙ & ΕΞΕΡΧΕΤΑΙ ΣΕ ΜΑΓΝ. ΠΕΔΙΟ



ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΚΙΝΟΥΜΕΝΗ ΡΑΒΔΟ

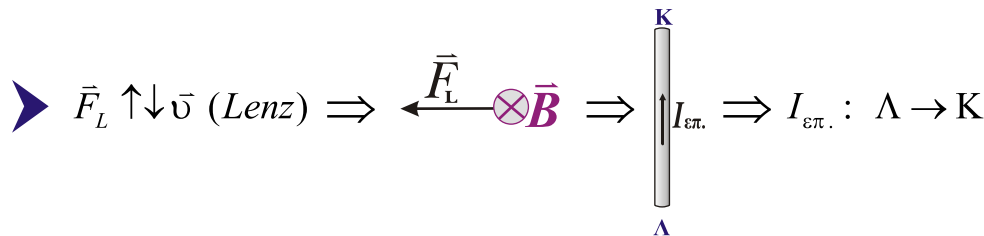


Απόδειξη μέσω του νόμου του Faraday

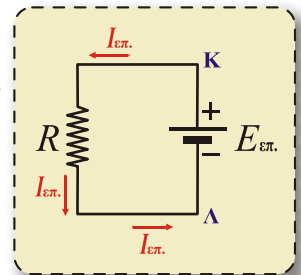
$$E_{\text{επ.}} = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = 1 \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta(\ell \cdot x)}{\Delta t} = \frac{B \cdot \ell \cdot \Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{\text{επ.}} = B \cdot \ell \cdot v \Rightarrow \boxed{E_{\text{επ.}} = Bv\ell}$$

Πολικότητα της Επαγωγικής Τάσης



$$I_{\text{επ.}} : \Lambda \rightarrow \text{K} \Rightarrow I_{\text{επ.}} : \odot \Rightarrow \text{K} : (+) \ \& \ \Lambda : (-)$$



η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας στο φαινόμενο της Επαγωγής

Έστω ότι υπό την επίδραση μιας εξωτερικής δύναμης $F_{\text{εξ.}}$, ο αγωγός κινείται ομαλά:

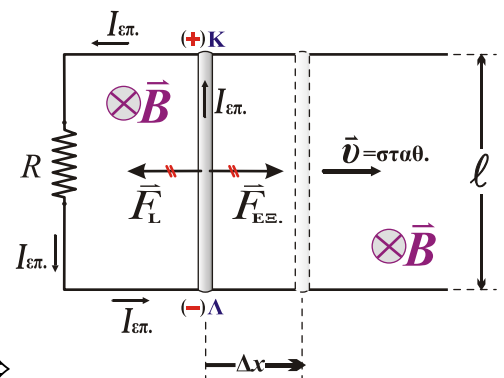
$$\Rightarrow v = \text{σταθ.} \Rightarrow \Sigma F = 0 \Rightarrow F_{\text{εξ.}} = F_L \Rightarrow F_{\text{εξ.}} = BI_{\text{επ.}} \ell$$

$$\Rightarrow W_{F_{\text{εξ.}}} = F_{\text{εξ.}} \Delta x = BI_{\text{επ.}} \ell \Delta x = B \frac{E_{\text{επ.}}}{R} \ell \Delta x = B \frac{Bv\ell}{R} \ell v \Delta t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_{F_{\text{εξ.}}} = \frac{B^2 v^2 \ell^2 \Delta t}{R} \quad (1)$$

Η θερμότητα που αναπτύσσεται στην αντίσταση R δίνεται από τον νόμο του Joule:

$$\Rightarrow Q = I_{\text{επ.}}^2 R \Delta t = \left(\frac{E_{\text{επ.}}}{R}\right)^2 R \Delta t = \frac{E_{\text{επ.}}^2}{R} \Delta t \Rightarrow Q = \frac{B^2 v^2 \ell^2 \Delta t}{R} \quad (2)$$

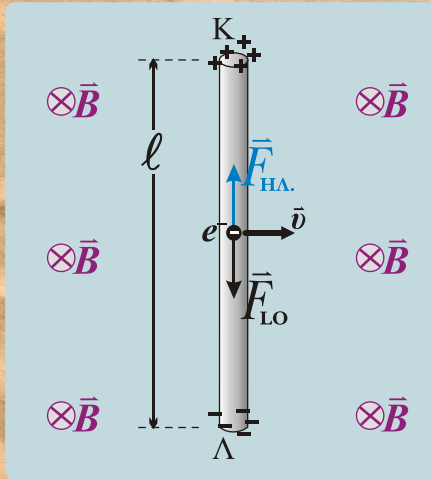


Από τις σχέσεις (1) & (2) βλέπουμε ότι η ενέργεια που προσφέρεται στον αγωγό (μέσω του έργου της εξωτερικής δύναμης) για να κινείται με σταθερή ταχύτητα, μετατρέπεται εξ' ολοκλήρου σε θερμότητα στις αντιστάσεις του κυκλώματος.

A.Δ.Ε.

ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΤΑΣΗ ΣΕ ΚΙΝΟΥΜΕΝΗ ΡΑΒΔΟ

Απόδειξη μέσω της δύναμης Lorentz



- ⇒ κίνηση ράβδου
- ⇒ κίνηση ελευθέρων ηλεκτρονίων
- ⇒ $F_{LO} = Bv|q_e|$ στα ελεύθερα ηλεκτρόνια προς τα κάτω
- ⇒ συσσώρευση ηλεκτρονίων στο κάτω άκρο Λ
- ⇒ άρα συσσώρευση θετικού φορτίου στο πάνω άκρο Κ
- ⇒ δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό του αγωγού, κατά μήκος του, με φορά από το Κ(+) προς το Λ(-)
- ⇒ άσκηση ηλεκτρικής δυναμικής $\vec{F}_{\eta\lambda.} = q_e \vec{E} \xrightarrow{q_e < 0} \vec{F}_{\eta\lambda.} \uparrow \downarrow \vec{E}$ με φορά αντίθετη του πεδίου, άρα από το Λ στο Κ
- ⇒ η συσσώρευση φορτίων στα άκρα σταματάει όταν οι δύο δυνάμεις ($F_{\eta\lambda.}$ & F_{LO}) που ασκούνται στα ηλεκτρόνια εξισορροπηθούν
- ⇒ η τάση που εμφανίζεται στα άκρα ΚΛ της ράβδου μετά την εξισορρόπηση είναι:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_{LO} = F_{\eta\lambda.} \Rightarrow Bv|q_e| = E|q_e| \Rightarrow Bv = E \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Bv = \frac{V_{K\Lambda}}{(K\Lambda)} \Rightarrow V_{K\Lambda} = Bv(K\Lambda) \Rightarrow \boxed{E_{\text{επ.}} = Bv\ell}$$

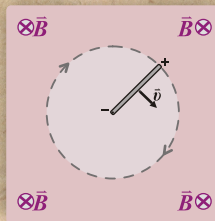


ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ

$$E_{\text{επ.}} = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta S = \pi r^2}{\Delta t = 1T} \rightarrow E_{\text{επ.}} = \frac{B \cdot \pi r^2}{T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{\text{επ.}} = \frac{B \cdot \pi r^2}{2\pi / \omega} \Rightarrow \boxed{E_{\text{επ.}} = \frac{1}{2} B\omega r^2}$$

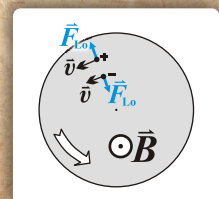
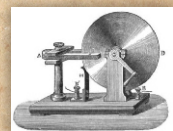
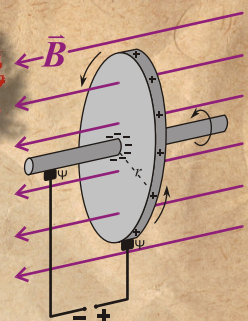


ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΣ ΔΙΣΚΟΣ

Ομοίως με τον στρεφόμενο αγωγό, ο δίσκος είναι σαν να αποτελείται από άπειρους στρεφόμενους αγωγούς:

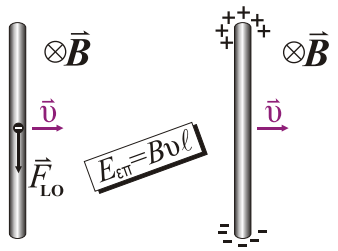
$$\boxed{E_{\text{επ.}} = \frac{1}{2} B\omega r^2}$$

Μπορούμε να εξηγήσουμε την πολικότητα του δίσκου και με τη χρήση των δυνάμεων Lorentz που δέχονται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του δίσκου (ή οι θετικοί φορείς, αν μιλάμε για συμβατική φορά).



ΔΥΟ ΤΡΟΠΟΙ ΕΥΡΕΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΚΙΝΟΥΜΕΝΗ ΡΑΒΔΟ

ΜΕ ΔΥΝΑΜΗ LORENTZ



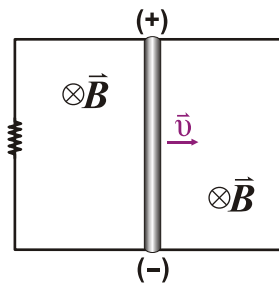
Συσώρευση ηλεκτρονίων στο κάτω άκρο. Θετικό φορτίο στο πάνω άκρο.

Δύναμη Lorentz στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού.
 Φορά: από τον κανόνα των 3 δακτύλων του δεξιού χεριού, αλλά για: $q_e < 0$

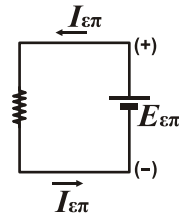
$F_{LO} = Bv |q_e|$

ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΓΩΓΩΝ "Π"

Μελέτη της κίνησης πάνω σε αγωγούς σχήματος "Π"

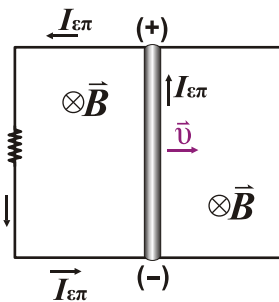


Δημιουργείται κλειστό κύκλωμα με πηγή την $E_{επ}$, όπως στο διπλανό σχήμα:

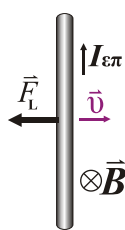


Άρα το ρεύμα έχει φορά: ☺

Το ρεύμα αυτό διαρρέει και την ίδια τη ράβδο ("κλείνοντας κύκλωμα") με φορά από το (-) στο (+). Έτσι έχουμε:

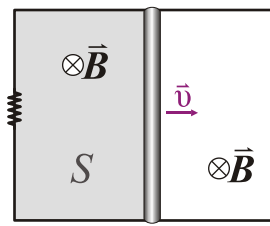


Όμως μια ράβδος που βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο και διαρέεται από ρεύμα, δέχεται δύναμη Laplace με φορά σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.



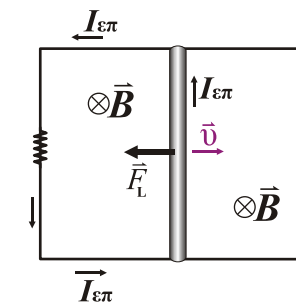
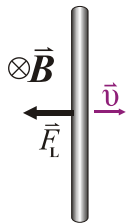
Έτσι η δύναμη Laplace προκύπτει προς τ' αριστερά, δηλαδή αντίθετη της ταχύτητας της ράβδου.

ΜΕ ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE & ΚΑΝΟΝΑ LENZ

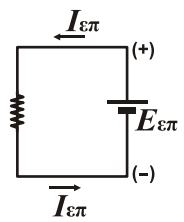


ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΑΓΩΓΩΝ "Π" ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑΣ

- Η ράβδος κινείται προς τα δεξιά.
- Το εμβαδόν S αυξάνεται, άρα αυξάνεται και η μαγνητική ροή στο σχηματιζόμενο "πλαίσιο".
- Θα εμφανιστεί επαγωγική τάση λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής ($E_{επ} = -1 \cdot \Delta\Phi/\Delta t$).
- Εφόσον σχηματίζεται κλειστό κύκλωμα θα εμφανιστεί και επαγωγικό ρεύμα.
- Η φορά του επαγωγικού ρεύματος θα καθοριστεί από τον κανόνα του Lenz ως εξής:
- Το επαγωγικό ρεύμα θα πρέπει να έχει τέτοια φορά ώστε το αποτέλεσμά του (η δύναμη Laplace στη ράβδο) να τείνει να αναίρεσει την αιτία (αύξηση της μαγνητικής ροής λόγω της, προς τα δεξιά, κίνησης της ράβδου) που το προκαλεί.
- Δηλαδή η δύναμη Laplace θα πρέπει να είναι αντίροπη της ταχύτητας, άρα προς τ' αριστερά ($\vec{F}_L \uparrow \downarrow \vec{v}$).
- Όμως σύμφωνα με τον κανόνα των 3 δακτύλων του δεξιού χεριού, αφού η δύναμη Laplace είναι προς τα αριστερά και το μαγνητικό πεδίο είναι προς τα "μέσα", το ρεύμα (επαγωγικό) θα είναι προς τα πάνω. Το αρχικό σχήμα γίνεται:



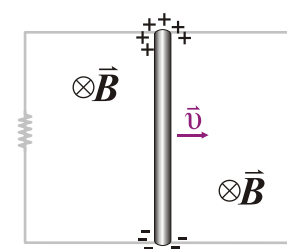
Επειδή δημιουργείται κλειστό κύκλωμα με ρεύμα: ☺ και αιτία την $E_{επ}$ της ράβδου, θα έχουμε ισοδύναμο κύκλωμα της μορφής:



Επομένως η πολικότητα της επαγωγικής τάσης θα είναι (+) πάνω και (-) κάτω, δηλαδή:

Επιβεβαιώνεται, με αυτόν τον τρόπο, ο κανόνας του Lenz που θέλει το επαγωγικό ρεύμα να έχει τέτοια φορά, ώστε το αποτέλεσμά του (\vec{F}_L) να τείνει να αναίρεσει την αιτία (\vec{v}) που το προκαλεί (δηλαδή $\vec{F}_L \uparrow \downarrow \vec{v}$).

Τα ίδια συμπεράσματα (αριστερή στήλη) και τα ίδια επιχειρήματα (δεξιά στήλη) θα είχαμε, αν αντί της δύναμης Laplace χρησιμοποιούσαμε το δευτερεύον μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται στο "πλαίσιο" με φορά που καθορίζει ο κανόνας του Lenz:



$$S: \uparrow \Rightarrow \Phi = BS: \uparrow \Rightarrow \vec{B}' \uparrow \downarrow \vec{B} \Rightarrow \vec{B}' : \odot \Rightarrow I_{επ} : \odot$$