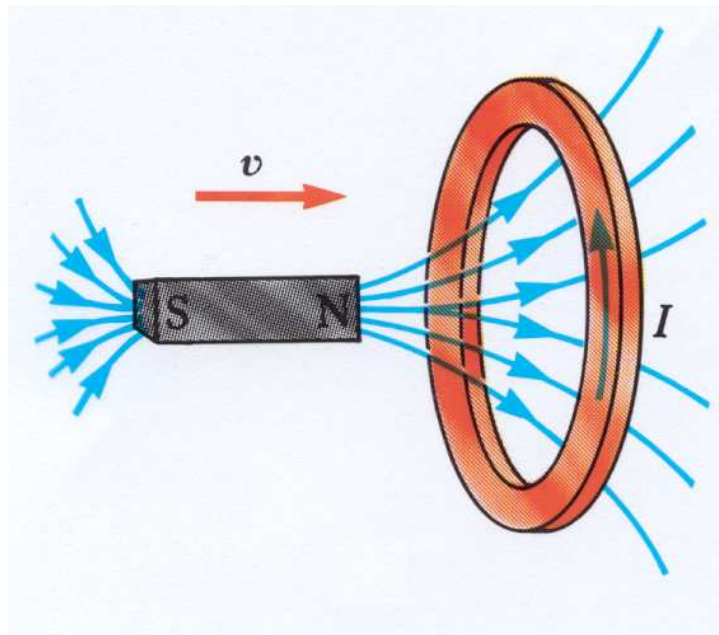


ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (συνέχεια)

- Νόμος του Faraday



Η επαγόμενη ΗΕΔ στο κύκλωμα C ισούται με τη χρονική μεταβολή της μαγνητικής ροής που διαπερνά το κύκλωμα,

$$E_{\text{HE}\Delta} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

όπου $\Phi_B = \oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$ είναι η μαγν. ροή που υπολογίζεται πάνω στην επιφάνεια A που περικλείεται από το κύκλωμα C (μονάδες *Webers*).

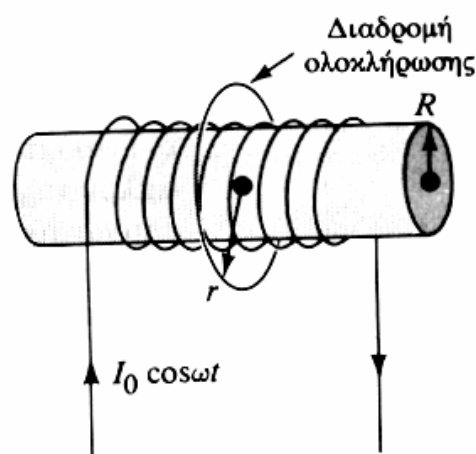
Η παρουσία ΗΕΔ στο κύκλωμα συνεπάγεται την ύπαρξη ηλεκτρικού πεδίου E μέσα στο κύκλωμα, που ορίζεται από τη σχέση

$$E_{HE\Delta} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

οπότε ο νόμος Faraday μπορεί να γραφεί επίσης και υπό τη μορφή

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

- **Παράδειγμα:** Στο ακόλουθο σχήμα να υπολογιστεί το ηλεκτρικό πεδίο έξω από το σωληνοειδές.



Εφαρμόζουμε το ν. Faraday πάνω στη περιφέρεια του σχήματος της οποίας το κέντρο κείται πάνω στον άξονα του σωληνοειδούς,

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

Λόγω συμμετρίας, το E πρέπει να είναι εφαπτόμενο στη κυκλική διαδρομή και επί πλέον να είναι $E=E(r)$. Αρα, το 1ο ολοκλήρωμα ισούται με $E(r) \cdot 2\pi r$. Για το 2ο ολοκλήρωμα θα πρέπει να θυμηθούμε ότι μέσα στο σωληνοειδές το μαγν. πεδίο είναι περίπου ομογενές και ίσο με $B=\mu_0 nI$, όπου δίδεται το ρεύμα ίσο με $I=I_0 \cos\omega t$. Τότε το δεύτερο ολοκλήρωμα θα ισούται με

$$B \cdot \pi R^2 = \mu_0 nI \cdot \pi R^2 = \mu_0 n\pi R^2 I_0 \cos\omega t.$$

Αντικαθιστώντας στην (1) έχουμε,

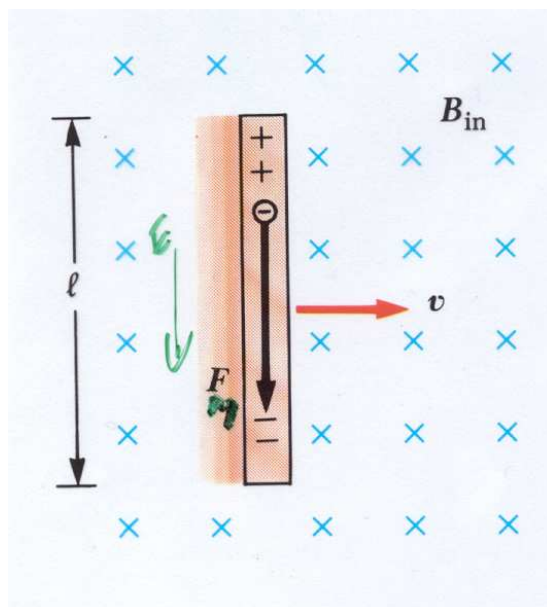
$$E 2\pi r = -\mu_0 \pi R^2 n I_0 \frac{d}{dt} \cos\omega t$$

ή

$$E = \frac{\mu_0 R^2 n I_0 \omega}{2r} \sin\omega t, \quad \text{για } r > R$$

(Αφήνεται σαν άσκηση να βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο και για $r < R$).

- ΗΜΜ επαγωγή από κινούμενο αγωγό μέσα σε μαγνητικό πεδίο

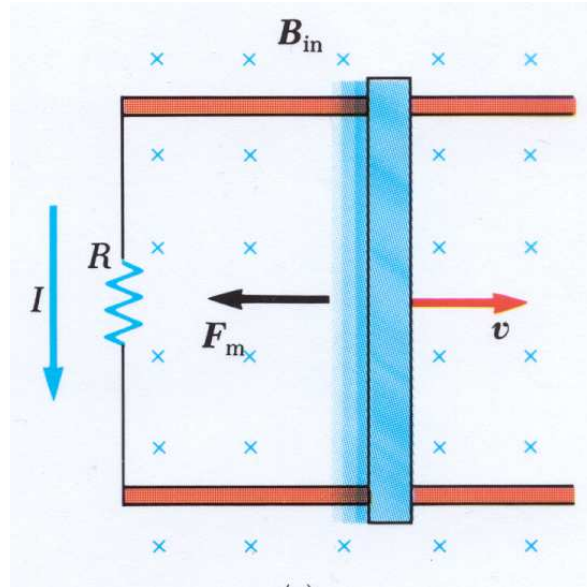


Σε κάθε φορτίο ασκείται η δύναμη Lorentz $F_m = qvB$ (προς τα κάτω). Η συσσώρευση σταματά όταν επέλθει εξίσωση μεταξύ των δύο δυνάμεων $F_E = F_m$ ή $qE = qvB$ όπου $E = V_{\varepsilon\pi}/l$, άρα $V_{\varepsilon\pi} = vlB$.

- Περίπτωση που ο κινούμενος αγωγός κλείνει κύκλωμα

Η μαγνητική ροή που διαπερνά το κύκλωμα είναι $\Phi_m = B \cdot (lx)$, όπου $A = (lx)$ είναι το εμβαδόν της επιφάνειας που περικλείεται από το κύκλωμα. Άρα, η επαγόμενη ΗΕΔ είναι

$$E_{HE\Delta} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -Bl \frac{dx}{dt} = -Blv$$



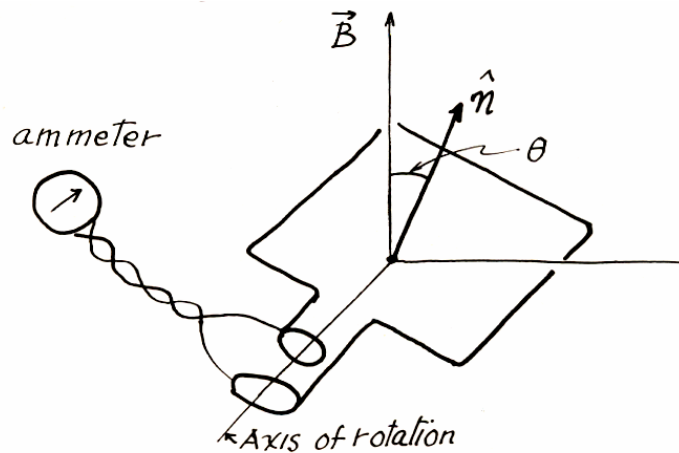
Συνεπώς, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R θα είναι

$$I = \frac{|E_{HE\Delta}|}{R} = \frac{Bvl}{R}$$

Η φορά του ρεύματος ρυθμίζεται από τον κανόνα Lenz

- Περιστευρόμενο πλαίσιο μέσα σε μαγν. πεδίο (ηλεκτρογεννήτριες - κινητήρες)

Υποθέτω ότι το μαγν. πεδίο B είναι ομογενές και ότι το πλαίσιο περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα $\omega = d\theta/dt$, οπότε $\theta = \omega t$.



Η επαγόμενη τάση στο πλαίσιο θα είναι

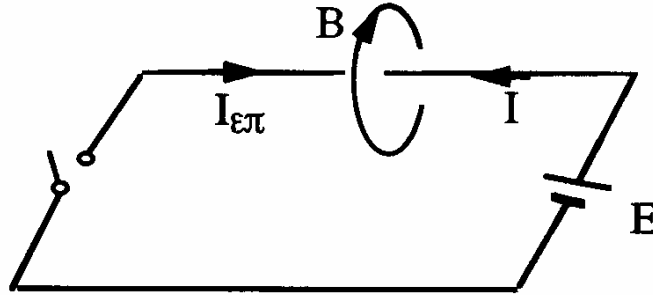
$$E_{HE\Delta} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt}(BA \cos\omega t) \\ = BA\omega \sin\omega t = V_0 \sin\omega t$$

όπου $V_0 = \omega BA$, δηλ. παράγεται ac τάση.

Αντίστροφα, αν τροφοδοτήσουμε το πλαίσιο με συνεχές ρεύμα I από κάποια πηγή, ασκείται μηχανική ροπή επί του πλαισίου ($\tau = \mu B \sin\theta$, όπου $\mu = IA$), οπότε το πλαίσιο υποχρεώνεται να περιστρέφεται, δηλ. παραγωγή περιστροφικής κίνησης.

• ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

Εστω κύκλωμα που διαρρέεται από ρεύμα I



Το ρεύμα I δημιουργεί μαγν. πεδίο B και επομένως η μαγν. ροή που διαπερνά το κύκλωμα θα πρέπει να είναι ανάλογος του I ,

$$\Phi_m = LI$$

Η σταθερά αναλογίας L καλείται **συντελεστής αυτεπαγωγής** του κυκλώματος (μονάδες **1 Henry**).

Αν μεταβάλλεται το ρεύμα τροφοδοσίας I , τότε εμφανίζεται τάση εξ επαγωγής στο κύκλωμα ίση με

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

Επομένως, επάγεται ρεύμα $I_{\varepsilon\pi}$ το οποίο θα έχει τέτοια φορά ώστε να διατηρείται σταθερή η μαγν.

ροή Φ_m δια μέσου του κυκλώματος (νόμος του Lenz).

Γενικά, **αυτεπαγωγή** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο κάθε μεταβολή του ρεύματος που διαρρέει ένα κύκλωμα έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσης εξ επαγωγής (ή $I_{επ}$) στο κύκλωμα, η οποία αντιτίθεται στο εξωτερικό αίτιο που προκαλεί την μεταβολή του μαγν. ροής.

Άσκηση: Να αποδειχθεί ότι ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός σωληνοειδούς ισούται με $L = \mu_0 N^2 A/l$.