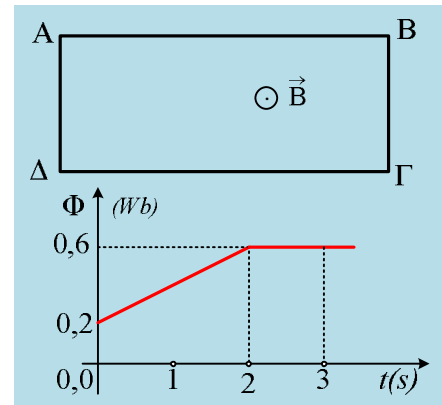


## Η μαγνητική ροή και το επαγωγικό ρεύμα.

Ένα ορθογώνιο μεταλλικό πλαίσιο ΑΒΓΔ βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του. Το πλαίσιο, με πλευρές (ΑΒ)=1m και (ΒΓ)=0,4m έχει αντίσταση  $R=0,5\Omega$ . Κάποια στιγμή  $t=0$ , η ροή που διέρχεται από το πλαίσιο αρχίζει να μεταβάλλεται όπως στο σχήμα σε συνάρτηση με το χρόνο.



- i) Να σχεδιάσετε στο σχήμα την κάθετη στο πλαίσιο, δικαιολογώντας την κατεύθυνσή της.
- ii) Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:
  - α) Από 0-2s η Ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στο πλαίσιο είναι σταθερή.
  - β) Τη χρονική στιγμή  $t=1s$  το πλαίσιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, με φορά από το Α στο Β.
  - γ) Τη χρονική στιγμή  $t=2,5s$  το κύκλωμα δεν διαρρέεται από ρεύμα.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

iii) Να υπολογιστούν:

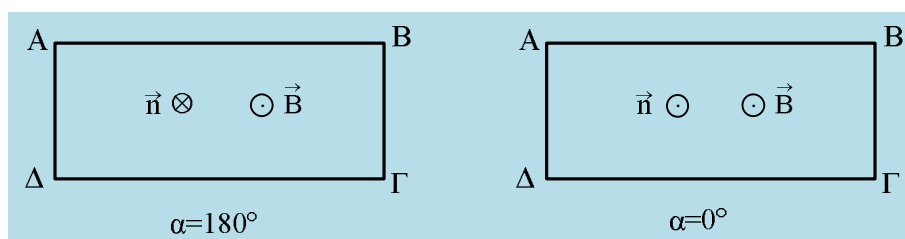
- α) Η ένταση του μαγνητικού πεδίου τη στιγμή  $t=2,2s$ .
- β) Η μέση ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο από 0-2s.
- γ) Η δύναμη που ασκείται στην πλευρά ΒΓ τις χρονικές στιγμές  $t_1=0,8s$  και  $t_2=2,5s$ .
- δ) Η συνολική θερμότητα που εμφανίζεται στο πλαίσιο από 0-3s.

### Απάντηση:

i) Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο, δίνεται από την εξίσωση:

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

Όπου  $\alpha$  η γωνία μεταξύ της κάθετης στο πλαίσιο και της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Αλλά τότε έχουμε δύο ενδεχόμενα, όπως φαίνεται στο σχήμα.



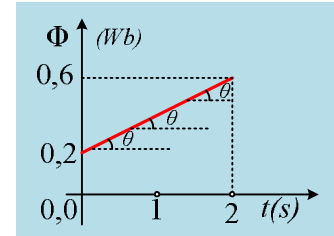
Η κάθετη να είναι προς τα μέσα (πρώτο σχήμα) οπότε  $\alpha=180^\circ$  και  $\Phi = -B \cdot S < 0$  ή η κάθετη να έχει φορά προς έξω, οπότε  $\alpha=0^\circ$  και  $\Phi = B \cdot S > 0$ . Με βάση τη μορφή της γραφικής παράστασης  $\Phi = \Phi(t)$  η ροή είναι θετική, οπότε το σωστό σχήμα είναι το δεύτερο.

ii) Με βάση το νόμο της επαγωγής:

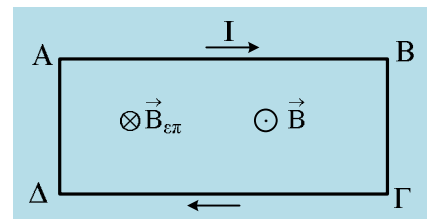
$$E = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή, κάθε φορά που μεταβάλλεται η μαγνητική ροή, οπότε στην περίπτωσή μας στο χρονικό διάστημα 0-2s. Με βάση αυτά:

α) Η εξίσωση (1) μας λέει ότι μπορούμε να βρούμε την στιγμιαία ΗΕΔ από επαγωγή, από την κλίση στο διάγραμμα  $\Phi$ -t. Αλλά η κλίση αυτή παραμένει σταθερή, με βάση το διπλανό σχήμα, πράγμα που σημαίνει ότι και η ΗΕΔ από επαγωγή παραμένει σταθερή και ίση με την μέση ΗΕΔ, στο παραπάνω χρονικό διάστημα (θυμηθείτε ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η στιγμιαία ταχύτητα παραμένει σταθερή και ίση με την μέση ταχύτητα, σε ορισμένο χρονικό διάστημα). Η πρόταση είναι σωστή.



β) Με βάση τον κανόνα του Lenz το επαγωγικό ρεύμα θα έχει τέτοια φορά που να αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί. Στην περίπτωσή μας αιτία είναι η αύξηση της μαγνητικής ροής (που προφανώς οφείλεται στην αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου). Αλλά τότε το ρεύμα θα έχει τέτοια φορά ώστε να δημιουργήσει μαγνητικό πεδίο με ένταση που να έχει φορά προς τα μέσα. Για να συμβεί αυτό, το ρεύμα θα έχει τη φορά που δείχνεται στο διπλανό σχήμα, από το Α στο Β. Σωστή πρόταση.



γ) Μετά τη στιγμή  $t=2s$  η μαγνητική ροή παραμένει σταθερή, οπότε δεν εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή και δεν έχουμε επαγωγικό ρεύμα. Η πρόταση είναι σωστή.

iii) Με βάση τα δεδομένα, θα έχουμε:

α) Τη χρονική στιγμή  $t=2,2s$  η μαγνητική ροή είναι ίση με  $0,6Wb$ , οπότε:

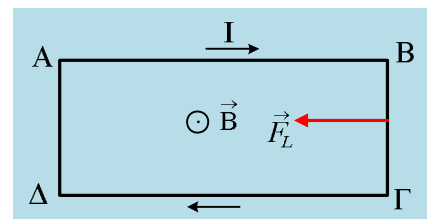
$$\Phi = BS \rightarrow B = \frac{\Phi}{ab} = \frac{0,6}{1 \cdot 0,4} T = 1,5T$$

β) Η μέση ΗΕΔ από επαγωγή από 0-2s είναι ίση:

$$E_{\mu\epsilon\sigma} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{0,6 - 0,2}{2} V = -0,2V$$

γ) Με βάση τα παραπάνω, κάθε στιγμή από 0-2s η ΗΕΔ από επαγωγή είναι ίση με  $|E|=0,2V$ , οπότε το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα, με φορά όπως στο παραπάνω σχήμα, με ένταση:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{0,2}{0,5} A = 0,4A$$



Αλλά τότε και τη στιγμή  $t_1$  η πλευρά ΒΓ, δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο, όπως στο διπλανό σχήμα, με μέτρο:

$$F_L = B_1 I \ell$$

Όπου  $B_1$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου τη στιγμή  $t_1$ . Όμως η ροή στο χρονικό διάστημα 0-2s ικανοποιεί την εξίσωση  $\Phi=at+\beta$ , όπου με αντικατάσταση:

$$\text{για } t=0, \Phi=0,2\text{Wb} \rightarrow \beta=0,2\text{Wb} \text{ και}$$

$$\text{για } t=2\text{s}, \Phi=0,6\text{Wb} \rightarrow \alpha=0,2 \text{ Wb/s}$$

οπότε  $\Phi=0,2t+0,2$  (S.I.) και για  $t_1=0,8\text{s}$ ,  $\Phi_1=0,36\text{Wb}$ , οπότε:

$$B_1 = \frac{\Phi_1}{ab} = \frac{0,36}{1 \cdot 0,4} T = 0,9T \text{ και}$$

$$F_L=0,9 \cdot 0,4 \cdot 0,4 N=0,144N$$

Αντίθετα τη στιγμή  $t_2$  το κύκλωμα δεν διαρρέεται από ρεύμα και η πλευρά δεν δέχεται δύναμη Laplace.

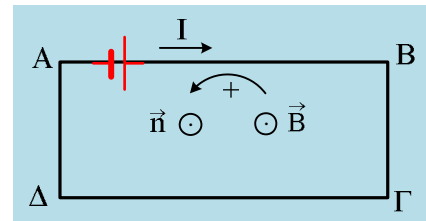
δ) Η θερμότητα που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, υπολογίζεται από το νόμο του Joule για το διάστημα από 0-2s, αφού στην συνέχεια το πλαίσιο δεν διαρρέεται από ρεύμα:

$$Q=I^2R \cdot t=0,4^2 \cdot 0,5 \cdot 2J=0,16J.$$

### Σχόλιο για καθηγητές:

Παίρνοντας την κάθετη στο πλαίσιο με φορά προς τα έξω, ουσιαστικά έχουμε ορίσει μια φορά περιμετρικής διαγραφής του πλαισίου, αριστερόστροφης, όπως στο σχήμα, η οποία θεωρείται και θετική φορά.

Αλλά τότε υπολογίζοντας  $E=-0,2V$  σημαίνει ότι η ΗΕΔ έχει τέτοια πολικότητα που να μας δίνει αρνητική ένταση ρεύματος, δηλαδή ρεύμα με αντίθετη φορά, όπως δείχνεται στο σχήμα.



[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)