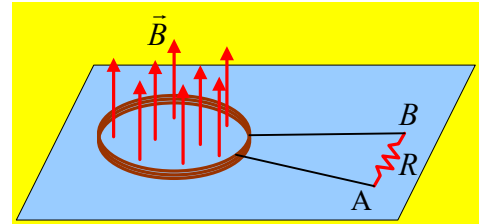


Μεταβάλλοντας την ένταση του μαγνητικού πεδίου

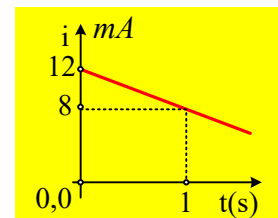
Ένα συρμάτινο κυκλικό πλαίσιο, το οποίο αποτελείται από 10 σπείρες, με εμβαδόν κάθε σπείρας $A=0,01\text{m}^2$, βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του σε οριζόντιο επίπεδο, κάθετο στις δυναμικές γραμμές ενός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B_0=1\text{T}$, όπως στο σχήμα. Κάποια στιγμή το μαγνητικό πεδίο αρχίζει να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό και γίνεται $B_1=2\text{T}$ σε χρόνο $\Delta t=2\text{s}$. Το πλαίσιο παρουσιάζει αντίσταση $r=2\Omega$, ενώ τα δυο άκρα του σύρματος συνδέονται με μια αντίσταση $R=3\Omega$.



- i) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα. Ποια είναι η φορά της έντασης;
- ii) Να υπολογισθεί η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα, στο παραπάνω χρονικό διάστημα.

iii) Να υπολογιστεί το φορτίο που πέρασε από τον αντιστάτη R , στο παραπάνω χρονικό διάστημα.

iv) Σε μια επανάληψη του πειράματος, μεταβάλλουμε κατάλληλα το μαγνητικό πεδίο, ξεκινώντας ξανά από την τιμή B_0 , οπότε ο αντιστάτης R διαρρέεται από ρεύμα, με φορά από το A στο B , με μεταβλητή ένταση όπως στο διάγραμμα.

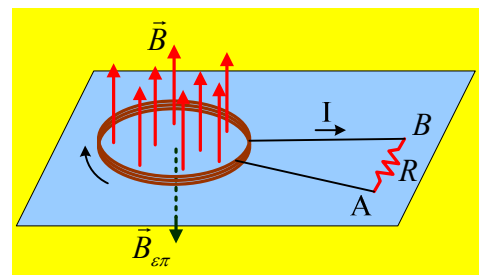


α) Να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του μαγνητικού πεδίου τις χρονικές στιγμές t_0^+ και $t_2=1\text{s}$.

β) Ποια η ένταση του μαγνητικού πεδίου τη στιγμή t_2 ;

Απάντηση:

i) Με βάση τον κανόνα του Lenz, όταν αυξάνεται η ένταση του πεδίου B , συνεπώς η μαγνητική ροή που περνά από το πλαίσιο, το επαγωγικό ρεύμα θα έχει τέτοια φορά, ώστε να αντιτίθεται στην αύξηση του B . Εδώ λοιπόν το ρεύμα στο κυκλικό αγωγό θα έχει την φορά του σχήματος, ώστε στο κέντρο του κύκλου η ένταση του μαγνητικού πεδίου $\vec{B}_{\text{επ}}$, εξαιτίας του επαγωγικού



ρεύματος, να έχει φορά προς τα κάτω. Αφού η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό, θα αναπτυχθεί στο πηνίο σταθερή ΗΕΔ από επαγωγή, οπότε η στιγμιαία ΗΕΔ ταυτίζεται με την μέση τιμή της. Έτσι λαμβάνοντας την κάθετη στο πλαίσιο να έχει φορά προς τα πάνω, ίδια με την ένταση του πεδίου, θα έχουμε για την απόλυτη τιμή της ΗΕΔ:

$$|E_{\text{επ}}| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{B_1 A - B_0 A}{\Delta t} N = \frac{B_1 - B_0}{\Delta t} \cdot A \cdot N = \frac{2-1}{2} \cdot 0,01 \cdot 10 \text{ V} = 0,05 \text{ V} \rightarrow$$

$$I = \frac{E_{\text{επ}}}{R+r} = \frac{0,05 \text{ V}}{(3+2)\Omega} = 0,01 \text{ A}$$

ii) Η ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο κύκλωμα, είναι ίση με την ενέργεια της ΗΕΔ από επαγωγή:

$$W_{\eta\lambda} = E_{\varepsilon\pi} I \cdot \Delta t = 0,05 \cdot 0,01 \cdot 2J = 0,001J$$

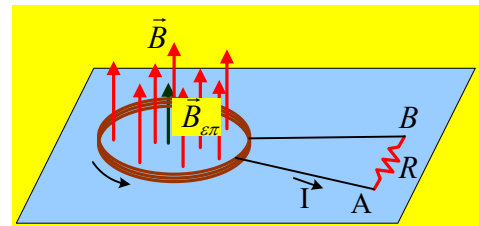
iii) Αφού η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι σταθερή, το φορτίο που μετακινείται στο κύκλωμα είναι ίση:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q_1 = I \cdot \Delta t = 0,01 \cdot 2C = 0,02C$$

Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε το νόμο του Neumann:

$$\Delta q_1 = N \frac{|\Delta\Phi|}{R+r} = N \frac{|\Delta B|}{R+r} A = \dots = 0,02C$$

iv) Τώρα η αντίσταση R διαρρέεται από ρεύμα από το A προς το B, όπως στο σχήμα, οπότε το επαγωγικό ρεύμα δημιουργεί στο κέντρο του πλαισίου, μαγνητικό πεδίο $\vec{B}_{\varepsilon\pi}$ με φορά ίδια με την ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Πράγμα που σημαίνει ότι η ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου μειώνεται, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz.



α) Τώρα η ένταση του επαγωγικού ρεύματος δεν παραμένει σταθερή, πράγμα που σημαίνει ότι και η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο δεν είναι σταθερή. Συνεπώς μιλάμε πια για την στιγμιαία τιμή της ΗΕΔ από επαγωγή, όπου για την απόλυτη τιμή της θα έχουμε:

$$|E_o| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \frac{A|dB|}{dt} N \rightarrow \left| \frac{dB}{dt} \right| = \frac{|E_o|}{AN} = \frac{I_o(R+r)}{AN} \quad (1)$$

$$\left| \frac{dB}{dt} \right| = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot (3+2)}{0,01 \cdot 10} T/s = 0,6 T/s$$

Αλλά έχουμε μείωση της έντασης, ο παραπάνω ρυθμός είναι αρνητικός, συνεπώς:

$$\left(\frac{dB}{dt} \right)_{0^+} = -0,6 T/s$$

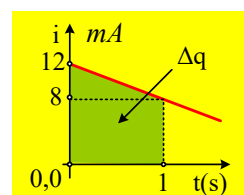
Με την ίδια λογική για τη στιγμή t_2 , θα έχουμε από την (1):

$$\left| \frac{dB}{dt} \right|_2 = \frac{I_2(R+r)}{AN} = \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot (3+2)}{0,01 \cdot 10} T/s = 0,4 T/s \rightarrow$$

$$\left(\frac{dB}{dt} \right)_2 = -0,4 T/s$$

β) Από το διάγραμμα i-t που μας δίνεται, το εμβαδόν του πράσινου τραπεζιού, είναι αριθμητικά ίσο με το φορτίο Δq_2 το οποίο επάγεται στο κύκλωμα.

Με αντικατάσταση παίρνουμε:



$$\Delta q_2 = \frac{B + \beta}{2} v = \frac{(12 + 8) \cdot 10^{-3}}{2} 1C = 0,01C$$

Αλλά αν εφαρμόσουμε το νόμο του Neumann θα έχουμε:

$$\Delta q_2 = N \frac{|\Delta \Phi|}{R+r} = N \frac{|\Delta B|}{R+r} A \rightarrow$$

$$|\Delta B| = \Delta q_2 \frac{(R+r)}{NA} = 0,01 \cdot \frac{3+2}{10 \cdot 0,01} T = 0,5T$$

Λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση της έντασης, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, θα έχουμε $\Delta B < 0$, οπότε:

$$\Delta B = -0,5T \rightarrow B_2 - B_0 = -0,5T \rightarrow B_2 = B_0 - 0,5T \rightarrow$$

$$B_2 = 1T - 0,5T = 0,5T$$

dmargaris@gmail.com