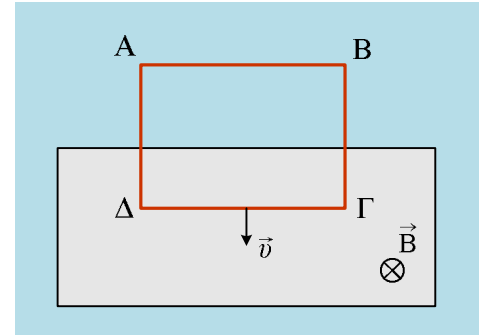


Άλλη μια πτώση πλαισίου σε μαγνητικό πεδίο

Ένα ορθογώνιο πλαίσιο αφήνεται να πέσει από ορισμένο ύψος, με το επίπεδό του κατακόρυφο και την πλευρά AB οριζόντια. Σε μια στιγμή συναντά στην πορεία του ένα ομογενές οριζόντιο μαγνητικό πεδίο, με δυναμικές γραμμές κάθετες στο πλαίσιο, και στο σχήμα φαίνεται η θέση του πλαισίου κάποια στιγμή, όπου η ταχύτητά του είναι ίση με 4 m/s . Τη στιγμή αυτή στο πλαίσιο παράγεται θερμότητα με ρυθμό $dQ/dt = 0,8\text{ J/s}$.



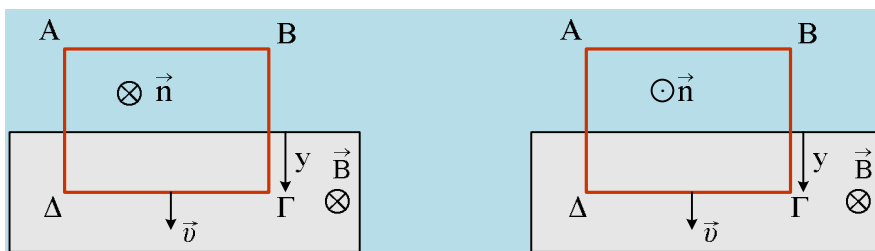
- i) Δυο μαθητές διαφωνούν, στο ερώτημα για το ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο την παραπάνω στιγμή. Ο Αντώνης (Α) υποστηρίζει ότι είναι θετικός, ενώ ο Βασίλης (Β) ότι είναι αρνητικός. Ποιος έχει δίκιο;
- ii) Να σχεδιάσετε στο σχήμα την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο στη θέση αυτή, δικαιολογώντας την φορά της.
- iii) Να αποδείξετε ότι το πλαίσιο δέχεται κατακόρυφη δύναμη από το μαγνητικό πεδίο, της οποίας να βρείτε τα χαρακτηριστικά της.
- iv) Αν το πλαίσιο παρουσιάζει αντίσταση $R=0,2\Omega$, να υπολογιστεί η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο στην θέση αυτή.

Απάντηση:

- i) Η ροή που διέρχεται από την επιφάνεια στην θέση του σχήματος δίνεται από την εξίσωση:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \sigma \nu \alpha = B \cdot (\Gamma\Delta) \cdot y \cdot \sigma \nu \alpha$$

Όπου y το τμήμα της πλευράς ΒΓ που βρίσκεται μέσα στο πεδίο και α η γωνία μεταξύ της κάθετης στο πλαίσιο και της έντασης του πεδίου. Αλλά για την κάθετη στο πλαίσιο έχουμε τις δύο περιπτώσεις του παρακάτω σχήματος:

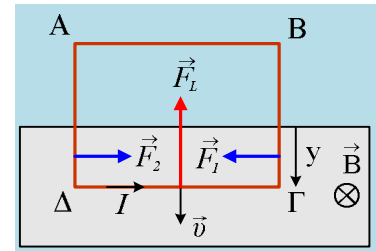


Αν ο Αντώνης (Α) σχεδιάσει το πρώτο σχήμα, τότε υπολογίζει θετική ροή και καθώς πέφτει το πλαίσιο, το y αυξάνεται οπότε αυξάνεται και η μαγνητική ροή, με αποτέλεσμα να ισχύει $\frac{d\Phi}{dt} > 0$.

Αν αντίθετα ο Βασίλης (Β) σχεδιάσει το δεξιό σχήμα, θεωρώντας ότι η κάθετη έχει φορά προς τα έξω, τότε $\sigma \nu \alpha = \sigma \nu 180^\circ = -1$ και η ροή γίνεται $\Phi = -B \cdot (\Gamma\Delta) \cdot y$ και ο αντίστοιχος ρυθμός $\frac{d\Phi}{dt} < 0$.

Συμπέρασμα: Και οι δύο μπορεί να έχουν δίκιο, αρκεί να έχουν πάρει μια φορά για την κάθετη στο πλαίσιο και με βάση αυτή να προχωρήσουν, με συνέπεια.

- ii) Ανεξάρτητα με το ποια κατεύθυνση θα δώσουμε στην κάθετη στο πλαίσιο, το πλαίσιο θα πρέπει να δέχεται δύναμη Laplace η οποία να αντισταθμίζεται στην αιτία που την προκαλεί, δηλαδή δύναμη με φορά προς τα πάνω, όπως στο σχήμα. Αλλά τότε με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, η ένταση του ρεύματος θα έχει φορά από το $\Delta \rightarrow \Gamma$.



- iii) Εκτός από την δύναμη F_L η οποία ασκείται στην πλευρά $\Gamma\Delta$ η οποία είναι κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω, στο πλαίσιο ασκούνται και δυο ακόμη οριζόντιες δυνάμεις Laplace στα κατακόρυφα τμήματα των πλευρών που είναι μέσα στο πεδίο, με μέτρα:

$$F_1 = F_2 = B \cdot I \cdot y$$

Οι οποίες αλληλοεξουδετερώνονται, με αποτέλεσμα να μένει μόνο η κατακόρυφη F_L .

Πόσο είναι το μέτρο της;

Η στιγμιαία ηλεκτρική ισχύς που εμφανίζεται στο πλαίσιο, ίση με τον ρυθμό με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα πάνω στην αντίσταση του πλαισίου, είναι και ίση με το ρυθμό που η δύναμη Laplace αφαιρεί μηχανική ενέργεια από το πλαίσιο. Έχουμε δηλαδή:

$$P_F = -F_L \cdot v \quad \text{και} \quad P_{\eta\lambda} = P_Q = dQ_{\theta}/dt = I^2 R$$

Όπου το (-) στην πρώτη εξίσωση μας δείχνει ότι η δύναμη αφαιρεί μηχανική ενέργεια, οπότε:

$$F_L v = \frac{dQ_{\theta}}{dt} \rightarrow F_L = \frac{dQ_{\theta}/dt}{v} = \frac{0,8}{4} N = 0,2 N$$

- iv) Από την ηλεκτρική ισχύ στο κύκλωμα παίρνουμε:

$$P_{\eta\lambda} = I^2 R \rightarrow I = \sqrt{\frac{dQ_{\theta}/dt}{R}}$$

Οπότε από τον νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα παίρνουμε (δουλεύουμε με απόλυτες τιμές):

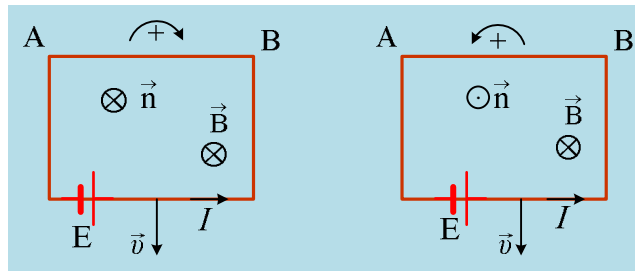
$$I = \frac{E}{R} \rightarrow E = IR = \sqrt{\frac{dQ_{\theta}/dt}{R}} R = \sqrt{R \left(\frac{dQ_{\theta}}{dt} \right)} \rightarrow$$

$$E = \sqrt{R \left(\frac{dQ_{\theta}}{dt} \right)} = \sqrt{0,2 \cdot 0,8 V} = 0,4 V$$

Σχόλια για καθηγητές:

Ας δούμε λίγο ακόμη την οπτική γωνία των δύο μαθητών.

Ο Αντώνης θεωρεί θετική φορά διαγραφής του πλαισίου αυτήν του πρώτου από τα παρακάτω σχήματα.



Έτσι έχει θετική μαγνητική ροή, θετικό ρυθμό μεταβολής της, αρνητική ΗΕΔ από επαγωγή (με την πολικότητα που έχει σημειωθεί στο σχήμα) και αρνητική ένταση του ρεύματος, η οποία επίσης έχει σημειωθεί στο σχήμα.

Ο Βασίλης αντίθετα, έχοντας πάρει την κάθετη στο πλαίσιο να έχει φορά προς τα έξω, έχει θεωρήσει θετική φορά διαγραφής της επιφάνειας, αυτή που έχει σημειωθεί στο δεύτερο σχήμα. Αλλά τότε θα υπολογίζει:

Αρνητική ροή, αρνητικό ρυθμό μεταβολής της ροής, θετική ΗΕΔ από επαγωγή, θετική ένταση του ρεύματος.

Αξίζει να τονισθεί ότι και οι δύο, περιγράφουν την ίδια ΗΕΔ και την ίδια ένταση ρεύματος! Βρίσκουν τα ίδια πράγματα, απλά με αντίθετα πρόσημα...

dmargaris@gmail.com