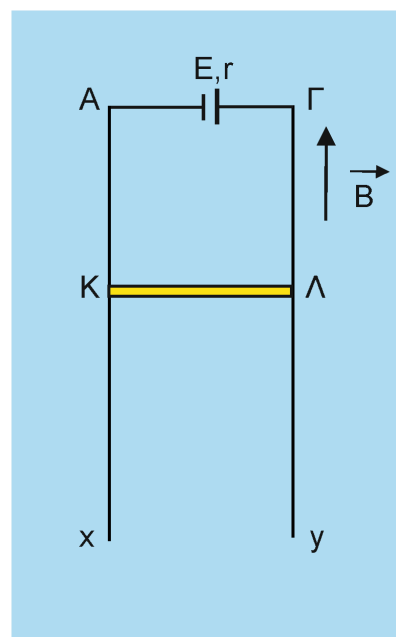


Ένας αγωγός ισορροπεί

Οι κατακόρυφοι αγωγοί Αx και Γy του σχήματος έχουν ασήμαντη αντίσταση και τα άκρα τους Α και Γ συνδέονται με πηγή Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερική αντίσταση r . Στο επίπεδο των δύο αγωγών είναι σε επαφή και κάθετα προς τη διεύθυνση τους άλλος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους ℓ , μάζας m και αντίστασης R . Το σύστημα των τριών αγωγών βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το μέτρο της επιτάχυνσης βαρύτητας είναι g .



Α. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες, δικαιολογώντας την επιλογή σας.

α. Η δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός είναι κατακόρυφη

β. Αν μεταξύ των κατακόρυφων αγωγών και του αγωγού ΚΛ δεν εμφανίζεται τριβή, ο ΚΛ είναι δυνατόν να ισορροπεί

γ. η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, μετατρέπεται σε θερμότητα στις αντιστάσεις του κυκλώματος.

Β. Αν ο συντελεστής οριακής τριβής μεταξύ των κατακόρυφων αγωγών και του ΚΛ είναι μ_{op} , ποιά είναι η ελάχιστη τιμή της Η.Ε.Δ. Ε ώστε ο αγωγός να ισορροπεί;

Γ. Αν αντιστρέψουμε ακαριαία τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου:

α. τι κίνηση θα εκτελέσει ο αγωγός ΚΛ;

β. πόση θα είναι η αναπτυσσόμενη Η.Ε.Δ. από επαγωγή στα άκρα του;

Απάντηση

A.

α. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η ένταση I του ρεύματος, που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ. Με τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, η κατεύθυνση της δύναμης Laplace προκύπτει κάθετη στη σελίδα με φορά προς τα μέσα, δηλαδή οριζόντια.

Η πρόταση είναι λανθασμένη

β. Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί και οι υπόλοιπες δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός ΚΛ.

Είναι το βάρος του $m \cdot \vec{g}$, οι δυνάμεις στήριξης

$\vec{N}_1$ και $\vec{N}_2$ και οι στατικές τριβές $\vec{T}_1$ και $\vec{T}_2$

μεταξύ των κατακόρυφων αγωγών και του ΚΛ.

Αφού ο αγωγός ΚΛ ισορροπεί

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow m \cdot g - T_1 - T_2 = 0 \rightarrow m \cdot g = T_1 + T_2 \quad (1)$$

Αν δεν υπήρχε τριβή, ο αγωγός ΚΛ δεν θα μπορούσε να ισορροπεί.

Η πρόταση είναι λανθασμένη

γ. Καμία από τις σχεδιασμένες δυνάμεις στον αγωγό ΚΛ δεν παράγει έργο, επομένως από αρχή διατήρησης της ενέργειας, η ενέργεια που προσφέρει η πηγή μετατρέπεται σε θερμότητα στις αντιστάσεις του κυκλώματος.

Η πρόταση είναι σωστή

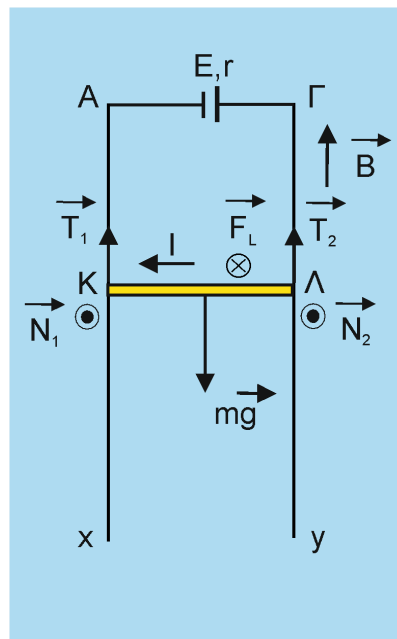
B. Για να ισορροπεί ο αγωγός πρέπει η στατική τριβή που δέχεται να μην υπερβαίνει την οριακή τιμή της. Έτσι

$$T_{\text{στ}} \leq T_{\text{op}} \rightarrow T_1 + T_2 \leq \mu_{\text{op}} \cdot (N_1 + N_2) \quad (2)$$

Όμως από την ισορροπία του αγωγού στην οριζόντια διεύθυνση (έστω άξονας $x'x$)

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F_L - N_1 - N_2 = 0 \rightarrow F_L = N_1 + N_2 \quad (3)$$

Η σχέση (2) λόγω των (1) και (3) γίνεται



$$m \cdot g \leq \mu_{op} \cdot F_L \rightarrow m \cdot g \leq \mu_{op} \cdot B \cdot I \cdot \ell \rightarrow m \cdot g \leq \mu_{op} \cdot B \cdot \frac{E}{R+r} \cdot \ell \rightarrow E \geq \frac{m \cdot g \cdot (R+r)}{\mu_{op} \cdot B \cdot \ell}$$

Επομένως η ελάχιστη τιμή της Η.Ε.Δ. Ε που εξασφαλίζει την ισορροπία του αγωγού είναι

$$E_{min} = \frac{m \cdot g \cdot (R+r)}{\mu_{op} \cdot B \cdot \ell}$$

Γ.

α. Αν αντιστρέψουμε ακαριαία τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου, η δύναμη Laplace θα προέκυπτε κάθετη στη σελίδα με φορά προς τα έξω, όμως τότε ο αγωγός ΚΛ δεν θα μπορούσε να είναι σε επαφή με τους κατακόρυφους αγωγούς. Έτσι θα είχαμε μηδενισμό όλων των δυνάμεων, εκτός φυσικά από το βάρος, οπότε ο αγωγός ΚΛ θα εκτελούσε ελεύθερη πτώση.

β. Δεν θα αναπτυσσόταν Η.Ε.Δ. από επαγωγή στα άκρα του αγωγού ΚΛ, αφού οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες με το επίπεδο κίνησης του, οπότε δεν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια που αυτός σαρώνει.

Παπάζογλου Αποστόλης