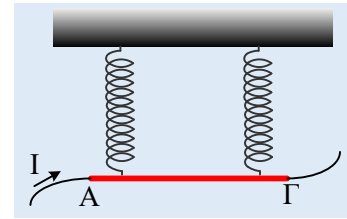


Ισορροπία αγωγού με δύο ελατήρια

Ο ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ του σχήματος έχει μάζα $m=0,2\text{kg}$, μήκος $l=1\text{m}$ και κρέμεται κατακόρυφα από δύο όμοια ελατήρια σταθεράς $k=20\text{N/m}$, παραμένοντας σε οριζόντια θέση. Όλο το σύστημα βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=0,1\text{T}$ με δυναμικές γραμμές κάθετες στο επίπεδο του σχήματος (στο επίπεδο της σελίδας). Αν ο αγωγός διαρρέεται ρεύμα με φορά από το Α στο Γ, με ένταση $I_1=8\text{A}$ τα ελατήρια έχουν επιμηκυνθεί κατά 3cm .



- i) Να σχεδιάσετε την φορά και να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης B του πεδίου.
- ii) Τι θα συμβεί με το μήκος του ελατηρίου, αν διπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΑΓ, με την ίδια φορά;
- iii) Να βρεθεί η ένταση του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό, αν θέλουμε τα ελατήρια να παρουσιάζουν επιμήκυνση 7cm .

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$, ενώ τα σύρματα σύνδεσης με τον αγωγό δεν συνεισφέρουν στο βάρος του αγωγού.

Απάντηση:

- i) Αφού ο αγωγός είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, δέχεται δύναμη Laplace κάθετη στον αγωγό και κάθετη επίσης στην ένταση B του πεδίου, συνεπώς πάνω στο επίπεδο της σελίδας, με μέτρο:

$$F_L = BI_1 l = 0,1 \cdot 8 \cdot 1\text{N} = 0,8\text{N}.$$

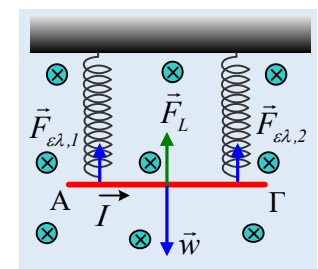
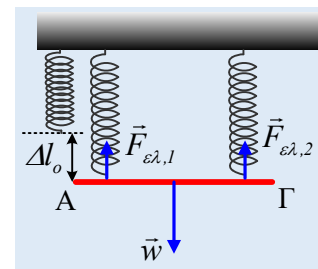
Ποια η φορά της δύναμης αυτής; Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, ας βρούμε πόση θα ήταν η επιμήκυνση Δl_0 των ελατηρίων, αν δεν υπήρχε μαγνητικό πεδίο, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα όμοια ελατήρια θα έχουν την ίδια επιμήκυνση. Από την ισορροπία του αγωγού ΑΓ, παίρνουμε:

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{F} = 0 &\rightarrow F_{\varepsilon\lambda,1} + F_{\varepsilon\lambda,2} = w \rightarrow 2k \cdot \Delta l_0 = mg \rightarrow \\ \Delta l_0 &= \frac{mg}{2k} = \frac{0,2 \cdot 10}{2 \cdot 20} \text{m} = 0,05\text{m} = 5\text{cm} \end{aligned}$$

Βλέπουμε ότι τα ελατήρια, όταν ασκείται δύναμη Laplace στον ΑΓ, έχουν μικρότερη επιμήκυνση ($3\text{cm} < 5\text{cm}$), πράγμα που μπορεί να συμβεί αν η δύναμη Laplace έχει φορά προς τα πάνω. Αλλά τότε από τον κανόνα των τριών δακτύλων βρίσκουμε ότι το μαγνητικό πεδίο έχει φορά προς τα μέσα, όπως στο διπλανό σχήμα.

- ii) Αν διπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος, με την ίδια φορά, θα διπλασιαστεί και η δύναμη Laplace με την ίδια κατεύθυνση

$$F_{L,2} = BI_2 l = 0,1 \cdot 16 \cdot 1\text{N} = 1,6\text{N}.$$



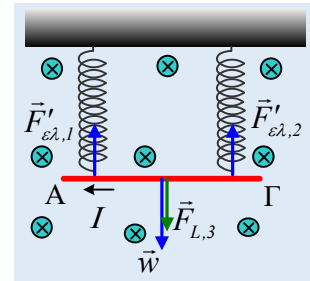
Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μέτρο της είναι μικρότερο από το βάρος w του αγωγού ΑΓ, οπότε και πάλι τα ελατήρια έχουν επιμηκυνθεί, οπότε από την ισορροπία του, με το ίδιο σχήμα, παίρνουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F} = 0 &\rightarrow F_L + F_{ελ.1} + F_{ελ.2} = w \rightarrow F_L + 2k \cdot \Delta l_2 = mg \rightarrow \\ \Delta l_2 &= \frac{mg - F_L}{2k} = \frac{0,2 \cdot 10 - 1,6}{2 \cdot 20} m = 0,01m = 1cm\end{aligned}$$

iii) Για να επιμηκυνθούν τα ελατήρια κατά 7cm, μεγαλύτερη από την επιμήκυνση Δl_0 που προκαλείται από το βάρος του αγωγού, θα πρέπει η δύναμη Laplace, να έχει αντίθετη φορά, προς τα κάτω, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να αλλάξει και η φορά του ρεύματος, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ξανά από την ισορροπία του αγωγού ΑΓ, έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F} = 0 &\rightarrow F'_{ελ.1} + F'_{ελ.2} = w + F_{L,3} \rightarrow \\ 2k \cdot \Delta l_3 &= mg + BI_3 l \rightarrow \\ I_3 &= \frac{2k \cdot \Delta l_3 - mg}{Bl} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 0,07N - 0,2 \cdot 10N}{0,1 \cdot 1Tm} = 8A\end{aligned}$$



dmargaris@gmail.com