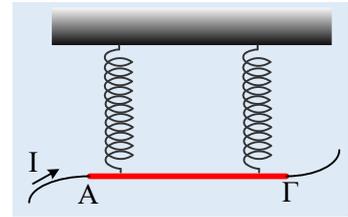


## Ισορροπία αγωγού με δύο ελατήρια.

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  $3\text{cm}$ .



- i) Να σχεδιάσετε την φορά και να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης  $B$  του πεδίου.
- ii) Τι θα συμβεί με το μήκος των ελατηρίων, 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  $7\text{cm}$ .

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:

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

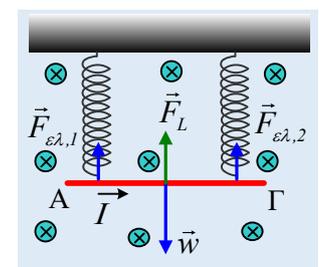
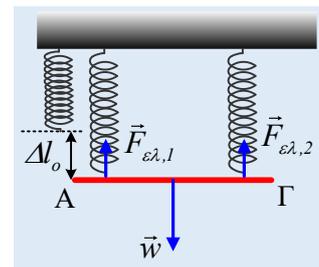
Ποια η φορά της δύναμης αυτής; Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, ας βρούμε πόση θα ήταν η επιμήκυνση  $\Delta l_0$  των ελατηρίων, αν δεν υπήρχε μαγνητικό πεδίο, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα όμοια ελατήρια θα έχουν την ίδια επιμήκυνση. Από την ισορροπία του αγωγού ΑΓ, παίρνουμε:

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

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

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



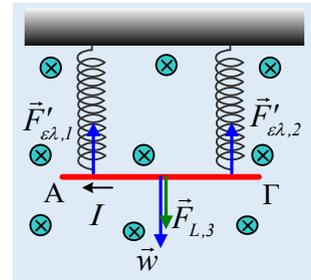
Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μέτρο της είναι μικρότερο από το βάρος  $w$  του αγωγού ΑΓ, οπότε και πάλι τα ελατήρια έχουν επιμηκυνθεί, οπότε από την ισορροπία του, με το ίδιο σχήμα, παίρνουμε:

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

iii) Για να επιμηκυνθούν τα ελατήρια κατά 7cm, μεγαλύτερη από την επιμήκυνση  $\Delta l_0$  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:

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



### Σχόλιο:

Τα δύο ελατήρια είναι όμοια, συνεπώς έχουν το ίδιο φυσικό μήκος και αφού ο αγωγός δίνεται οριζόντιος, θα έχουν και την ίδια επιμήκυνση. Πράγμα που συμβαίνει όταν τα σημεία σύνδεσης των ελατηρίων με τον αγωγό, ισαπέχουν από τα άκρα του, αφού οι ροπές των δυνάμεων του ελατηρίου ως προς το μέσον Μ του αγωγού, σημείο εφαρμογής του βάρους και της δύναμης του ελατηρίου, είναι αντίθετες.

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