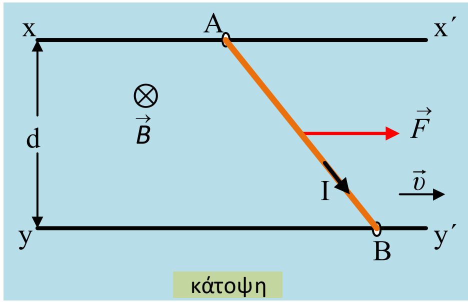
Η δύναμη Laplace και η ισχύς της.



Στο σχήμα, μια ευθύγραμμη αγώγιμη ράβδος ΑΒ, μάζας m=0,4kg και μήκους ℓ=1m, μπορεί να κινείται οριζόντια, με τα άκρα της σε επαφή (μέσων δύο κρίκων), με δύο οριζόντιες παράλληλες σιδηροτροχιές οι οποίες απέχουν απόσταση d=0,8m, χωρίς τριβές, μέσα σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης Β=0,5Τ. Σε μια στιγμή η ράβδος έχει ταχύτητα υ=2m/s και δέχεται την επίδραση οριζόντιας δύναμης με φορά προς τα δεξιά (ίδιας κατεύθυνσης με την ταχύτητα) με μέτρο F=0,2Ν, ενώ διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης Ι=2 Α, με φορά από το Α στο Β.

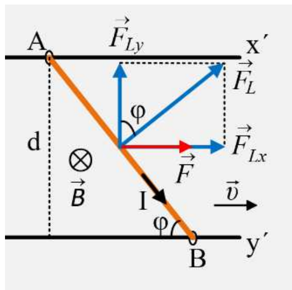
i) Να σχεδιάσετε την δύναμη που δέχεται η ράβδος, από το μαγνητικό πεδίο, υπολογίζοντας και το μέτρο της.

ii) Να βρεθεί η επιτάχυνση της ράβδου.

iii) Να υπολογιστεί η ισχύς της δύναμης Laplace καθώς και η αντίστοιχη ισχύς της δύναμης F.

iv) Να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου τη στιγμή αυτή.

Απάντηση:



i) Η δύναμη που δέχεται η ράβδος από το μαγνητικό πεδίο, ασκείται στο μέσον της, είναι κάθετη στη ράβδο και στην ένταση του μαγνητικού πεδίου και με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, έχει την κατεύθυνση που έχει σχεδιαστεί στο διπλανό σχήμα. Για το μέτρο της έχουμε:

$$F_L = B \cdot I \cdot \ell = 0{,}5 \cdot 2 \cdot 1N = 1N$$

ii) Αναλύουμε την παραπάνω δύναμη Laplace σε δυο συνιστώσες, μια F_{Lx} παράλληλη στην ταχύτητα και μια F_{Ly} σε κάθετη διεύθυνση, διεύθυνση κάθετη και προς τις δύο σιδηροτροχιές. Στην διεύθυνση αυτή η ράβδος δέχεται και δυνάμεις από τους κρίκους με αποτέλεσμα να ισορροπεί. Για την διεύθυνση x, έχουμε:

$$\Sigma F_x = m \cdot \alpha \rightarrow F + F_{Lx} = m\alpha \rightarrow F + F_L \cdot \eta\mu\varphi = m\alpha \ (1)$$

$$\text{όπου } \eta\mu\varphi = \frac{d}{\ell} = \frac{0{,}8}{1} = 0{,}8 \xrightarrow{(1)}$$

$$\alpha = \frac{F + F_L \eta\mu\varphi}{m} = \frac{0{,}2 + 1 \cdot 0{,}8}{0{,}4} m/s^2 = 2{,}5 m/s^2$$

iii) Η ισχύς της δύναμης Laplace είναι ίση:

$$P_{F_L} = \frac{dW_{F_L}}{dt} = \frac{F_L dx \cdot \sigma\upsilon\nu\theta}{dt} = |F_L| \cdot |\upsilon| \cdot \sigma\upsilon\nu(90° - \varphi) \rightarrow$$

$$P_{F_L} = |F_L| \cdot |\upsilon| \cdot \eta\mu\varphi = 1 \cdot 2 \cdot 0{,}8W = 1{,}6W$$

Με την ίδια λογική, η αντίστοιχη ισχύς της ασκούμενης δύναμης F, είναι ίση:

$$P_F = |F| \cdot |\upsilon| \cdot \sigma\upsilon\nu 0° = 0,2 \cdot 2 \cdot 1W = 0,4W$$

iv) Για το ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου, έχουμε:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{o\lambda}}{dt} = \frac{\Sigma F \cdot dx \cdot \sigma\upsilon\nu\theta}{dt} = |\Sigma F| \cdot |\upsilon| \cdot \sigma\upsilon\nu 0° \rightarrow$$

$$\frac{dK}{dt} = |\Sigma F| \cdot |\upsilon| = ma \cdot \upsilon = 0,4 \cdot 2,5 \cdot 2J/s = 2J/s$$

Σχόλια:

1) Στην πραγματικότητα το έργο της δύναμης Laplace, είναι ίσο με το έργο της συνιστώσας της η οποία έχει την διεύθυνση της ταχύτητας, της F_{Lx}. Έτσι θα μπορούσαμε να γράψουμε:

$$P_{FL} = |F_{Lx}| \cdot |\upsilon|$$

2) Δύο δυνάμεις ασκούνται στη ράβδο, τη στιγμή που μελετάμε. Και οι δύο προσφέρουν ενέργεια στη ράβδο, μέσω έργου. Η (εξωτερική) δύναμη F που ασκούμε μεταφέρει στη ράβδο 0,4J/s και η δύναμη Laplace μεταφέρει επίσης ενέργεια, με ρυθμό 1,6J/s. Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η κινητική ενέργεια της ράβδου με ρυθμό (0,4+1,6)J/s=2J/s.

3) Αξίζει να **τονισθεί**, ότι:

   το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια στη ράβδο, η οποία μετατρέπεται σε μηχανική, μέσω του έργου της δύναμης Laplace.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους…

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης