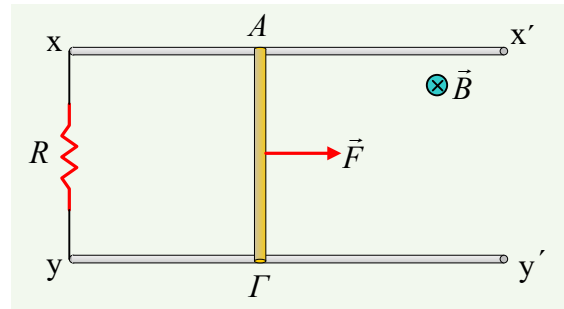


Όταν η δύναμη εξαρτάται από την ταχύτητα

Οι οριζόντιοι αγωγοί xx' και yy' του σχήματος έχουν ασήμαντη αντίσταση και πολύ μεγάλο μήκος. Τα άκρα τους x και y συνδέονται με αντίσταση $R=3\Omega$. Στο επίπεδο των δύο αγωγών είναι τοποθετημένος κάθετα προς τη διεύθυνση τους, ευθύγραμμος αγωγός $ΑΓ$ μήκους $l=1\text{m}$, μάζας $0,3\text{kg}$ και με αντίσταση $r=1\Omega$, ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Το σύστημα των τριών αγωγών βρίσκεται



μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, με ένταση $B=1\text{T}$ είναι κάθετη στο επίπεδο των αγωγών.

Σε μια στιγμή ασκούμε στο μέσο του αγωγού μια μεταβλητή οριζόντια δύναμη, κάθετη στον αγωγό με μέτρο $F=0,15+0,25v$ (μονάδες στο S.I.), οπότε αυτός κινείται προς τα δεξιά, όπως στο σχήμα (σε κάτοψη).

i) Για την στιγμή t_1 , που ο αγωγός $ΑΓ$ έχει ταχύτητα $v_1=3\text{m/s}$, να βρεθούν:

α) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R .

β) Η επιτάχυνση του αγωγού A .

γ) Ο ρυθμός αύξησης της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη.

ii) Αφού αποδείξετε ότι η κίνηση του αγωγού $ΑΓ$ είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη, να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού, την χρονική στιγμή $t_2=8\text{s}$.

iii) Να κάνετε την γραφική παράσταση της τάσης στα άκρα του αγωγού $ΑΓ$, σε συνάρτηση με το χρόνο, μέχρι την στιγμή t_2 .

Απάντηση:

i) Εξαιτίας της κίνησης του αγωγού $ΑΓ$, αναπτύσσεται πάνω του μια ΗΕΔ από επαγωγή, με πολικότητα όπως στο σχήμα, η οποία δίνεται από την εξίσωση:

$$E_{\varepsilon\pi l} = Bvl = 1 \cdot 3 \cdot 1\text{V} = 3\text{V}$$

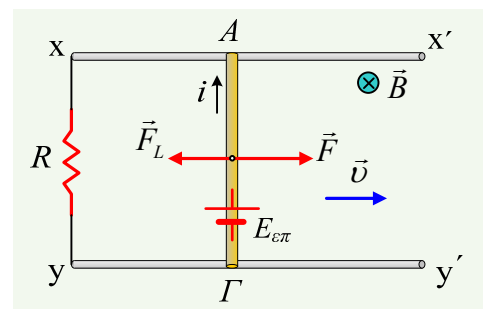
α) Εξαιτίας ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το άκρο Γ στο A και με ένταση:

$$i_l = \frac{E_{\varepsilon\pi l}}{R+r} = \frac{3\text{V}}{3\Omega+1\Omega} = 0,75\text{A}$$

β) Από τον κανόνα των τριών δακτύλων, βρίσκουμε ότι στον αγωγό $ΑΓ$ ασκείται δύναμη Laplace αντίθετης κατεύθυνσης από την ταχύτητα (προς τα αριστερά), με μέτρο:

$$F_{Ll} = Bi_l l = 1 \cdot 0,75 \cdot 1\text{N} = 0,75\text{N}$$

Οπότε από τον 2^ο νόμο του Νεύτωνα παίρνουμε:



$$F_1 - F_{L1} = ma_1 \rightarrow a_1 = \frac{F_1 - F_{L1}}{m} = \frac{0,15 + 0,25v_1 - F_{L1}}{m} \rightarrow$$

$$a_1 = \frac{0,15 + 0,25 \cdot 3 - 0,75}{0,3} \text{ m/s}^2 = 0,5 \text{ m/s}^2$$

γ) Για τον ζητούμενο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος, έχουμε:

$$\frac{di}{dt} = \frac{d\left(\frac{E_{\varepsilon\pi}}{R+r}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{Blv}{R+r}\right)}{dt} = \frac{l}{R+r} \frac{Bldv}{dt} = \frac{Bl}{R+r} \cdot a \rightarrow$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{l \cdot l}{3+l} \cdot 0,5 \text{ A/s} = 0,125 \text{ A/s}$$

ii) Σε μια τυχαία χρονική στιγμή t , όπου ο αγωγός έχει ταχύτητα v , ο 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα μας δίνει:

$$F - F_L = ma \rightarrow a = \frac{F - Bil}{m} = \frac{F - B \frac{E}{R+r} l}{m} = \frac{F - B \frac{Blv}{R+r} l}{m} \rightarrow$$

$$a = \frac{(0,15 + 0,25v) - B \frac{Blv}{R+r} l}{m} = \frac{0,15 + 0,25v - \frac{l^2 \cdot l^2 \cdot v}{3+l}}{0,3} \text{ m/s}^2 = \frac{0,15}{0,3} \text{ m/s}^2 = 0,5 \text{ m/s}^2.$$

Η επιτάχυνση δηλαδή του αγωγού είναι σταθερή, οπότε εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, οπότε την χρονική στιγμή t_2 έχει ταχύτητα:

$$v_2 = at_2 = 0,5 \cdot 8 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$$

Οπότε ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΑΓ είναι ίσος:

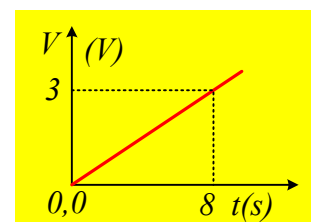
$$\frac{dK}{dt} = \frac{d(\Sigma W)}{dt} = \frac{|\Sigma F| \cdot |dx| \cdot \sigma \nu \alpha}{dt} = |\Sigma F| \cdot |v| \cdot \sigma \nu \nu 0^\circ = ma \cdot v \rightarrow$$

$$\frac{dK}{dt} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 4 \text{ J/s} = 0,6 \text{ J/s}.$$

iii) Η τάση στα άκρα του αγωγού, η «πολική τάση» της $E_{\varepsilon\pi}$ είναι ίση:

$$V_{\square\Gamma} = E_{\varepsilon\pi} - ir = Blv - \frac{Blv}{R+r} r = Blv \frac{R}{R+r} = \frac{BlR}{R+r} v = \frac{BlR}{R+r} at \rightarrow$$

$$V_{\square\Gamma} = \frac{l \cdot l \cdot 3}{3+l} \cdot 0,5t = \frac{3}{8}t \quad (\text{μονάδες στο S.I.})$$



Με γραφική παράσταση αυτή του σχήματος.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιάζεις πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονόσης Μάργαρης