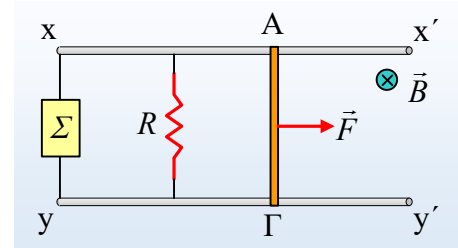


## Επαγωγή και ισχύς συσκευής

Ο αγωγός ΑΓ έχει μάζα 1kg, μήκος  $l=1\text{m}$  και αντίσταση  $r=0,5\Omega$ , κινείται δε οριζόντια σε επαφή με δύο οριζόντιους μεταλλικούς παράλληλους στύλους  $xx'$  και  $yy'$ , χωρίς τριβές, μέσα σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο  $B=1\text{T}$ , με την επίδραση μιας εξωτερικής οριζόντιας δύναμης μέτρου  $F=2,5\text{N}$ , όπως στο σχήμα. Κάποια στιγμή  $t_1$  ο αγωγός έχει ταχύτητα  $v=4\text{m/s}$ , προς τα δεξιά, ενώ ο αντιστάτης με αντίσταση  $R=2\Omega$  διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $i_1=1,5\text{ A}$ . Οι στύλοι δεν έχουν αντίσταση ενώ η συσκευή  $\Sigma$ , που συνδέεται στα άκρα  $xy$ , δεν είναι ωμικός καταναλωτής.



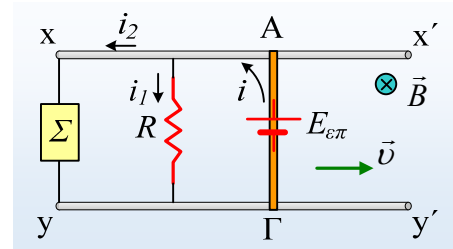
Για την στιγμή αυτή  $t_1$  να υπολογιστούν:

- i) Η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό ΑΓ, καθώς και η τάση  $V_{ΑΓ}$ .
- ii) Η επιτάχυνση του αγωγού ΑΓ.
- iii) Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΑΓ.
- iv) Η ισχύς που καταναλώνει η συσκευή  $\Sigma$ . Τι ποσοστό της ενέργειας που μεταφέρεται στον αγωγό μέσω της δύναμης  $F$ , καταναλώνεται από την συσκευή  $\Sigma$ ;

**Απάντηση:**

- i) Καθώς ο αγωγός ΑΓ κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο κάθετα στις δυναμικές γραμμές και με ταχύτητα  $v$  κάθετη στον αγωγό, αναπτύσσεται πάνω του μια ΗΕΔ από επαγωγή, με θετικό πόλο προς το άκρο της Α και με τιμή:

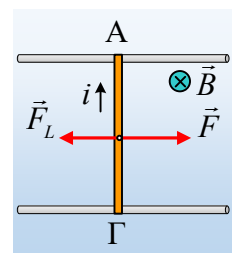
$$E_{επ} = Bvl = 1 \cdot 4 \cdot 1\text{V} = 4\text{V}$$



Αποτέλεσμα είναι να διαρρέεται από ρεύμα, με φορά όπως στο σχήμα, έντασης  $i$ , η οποία διακλαδίζεται σε ένταση  $i_1$  η οποία διαρρέει τον αντιστάτη  $R$  και ένταση  $i_2$  η οποία διαρρέει την συσκευή  $\Sigma$ . Όσον αφορά την τάση στα άκρα του ΑΓ, είναι ίση με την τάση στα άκρα του αντιστάτη (και ίση με την τάση μεταξύ των δύο παραλλήλων στύλων). Αλλά αυτή η τάση είναι ίση:

$$V_{ΑΓ} = V_R = i_1 R = 1,5 \cdot 2\text{V} = 3\text{V}$$

- ii) Στον αγωγό ΑΓ, εκτός της εξωτερικής δύναμης  $F$ , ασκείται και δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο, η οποία με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, προκύπτει να έχει αντίθετη φορά, όπως στο σχήμα. Αξίζει να προσεξουμε ότι οι δυο δυνάμεις ασκούνται στο μέσον του ΑΓ, οπότε δεν έχουν ροπή ως προς το κέντρο μάζας και ο αγωγός δεν πρόκειται να περιστραφεί εκτελώντας μόνο μεταφορική κίνηση.



Η τάση στα άκρα ΑΓ του αγωγού, δεν είναι τίποτα άλλο, από την πολική τάση της «πηγής», αφού ουσιαστικά ο αγωγός ΑΓ λειτουργεί σαν μια πηγή. Έτσι για την ένταση του ρεύματος  $i$ , που διαρρέει τον αγωγό

ΑΓ, με βάση την τάση στα άκρα του παίρνουμε:

$$V_{AG} = E - ir \rightarrow i = \frac{E - V_{AG}}{r} = \frac{4 - 3}{0,5} A = 2 A$$

Οπότε για το μέτρο της δύναμης Laplace έχουμε:

$$F_L = Bil = 1 \cdot 2 \cdot 1 N = 2 N$$

Οπότε εφαρμόζοντας τον θεμελιώδη νόμο της δυναμικής για τον αγωγό, παίρνουμε:

$$\Sigma F_x = ma \rightarrow a = \frac{F - F_L}{m} = \frac{2,5 - 2}{1} m/s^2 = 0,5 m/s^2.$$

Να επισημανθεί ότι οι κατακόρυφες δυνάμεις (βάρος και δυνάμεις στήριξης) αλληλοεξουδετερώνονται και δεν καθορίζουν, ούτε επηρεάζουν την κίνηση του αγωγού ΑΓ.

iii) Εφαρμόζοντας το Θ.Μ.Κ.Ε. για τον αγωγό ΑΓ θα πάρουμε:

$$\Delta K = \Sigma W \rightarrow \frac{dK}{dt} = \frac{dW_{ολ}}{dt} = \frac{\Sigma F \cdot dx \cdot \cos \nu 0^\circ}{dt} = \Sigma F \cdot v \rightarrow$$

$$\frac{dK}{dt} = \Sigma F \cdot v = (2,5 - 2) \cdot 4 J/s = 2 J/s$$

iv) Εφαρμόζοντας τον 1<sup>ο</sup> κανόνα του Kirchhoff στον κόμβο Δ, όπου διακλαδίζεται το ηλεκτρικό ρεύμα, παίρνουμε:

$$i = i_1 + i_2 \rightarrow i_2 = i - i_1 = 2 A - 1,5 A = 0,5 A$$

Αλλά τότε, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τάση στα άκρα της συσκευής είναι ίση με την τάση στα άκρα του αντιστάτη, θα έχουμε:

$$P_\Sigma = V_\Sigma \cdot i_2 = 3V \cdot 0,5 A = 1,5 W$$

Ενέργεια στον αγωγό Α μεταφέρεται μέσω του έργου της δύναμης F, με ρυθμό ίσο με την ισχύ της F:

$$\frac{dW_F}{dt} = P_F = F \cdot v = 2,5 N \cdot 4 m/s = 10 J/s$$

Αλλά τότε το ζητούμενο ποσοστό είναι ίσο:

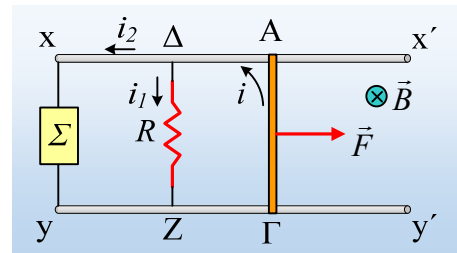
$$\pi = \frac{P_\Sigma}{P_F} \cdot 100\% = \frac{1,5}{10} \cdot 100\% = 15\%$$

### Σχόλιο:

Αν υπολογίσουμε την ισχύ που μετατρέπεται σε θερμότητα στους αντιστάτες (R και r), θα έχουμε:

$$P_Q = i_1^2 R + i^2 r = 1,5^2 \cdot 2W + 2^2 \cdot 0,5W = 6,5W$$

Αν στην παραπάνω ισχύ προσθέσουμε την ισχύ της συσκευής Σ, βρίσκουμε 8W, η οποία είναι η ηλεκτρική ισχύς στο κύκλωμα ή αν θέλετε ίση με την ισχύ της  $E_{επ}$ , αφού  $P_{Eεπ} = E_{επ} \cdot i = 4 \cdot 2W = 8W$ .



Αλλά αν εστιάσουμε στον αγωγό ΑΓ, παίρνει ενέργεια μέσω του έργου της δύναμης F με ρυθμό 10J/s, ενώ αφαιρείται ενέργεια μέσω της δύναμης Laplace, αφού η ισχύς της είναι  $P_{F_L} = -|F_L| \cdot v = -2 \cdot 4W = -8W$ . Η ενέργεια που αφαιρείται μέσω του έργου της δύναμης Laplace εμφανίζεται σαν ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα, ενώ μέσω του Θ.Μ.Κ.Ε. βρήκαμε στο iii) ερώτημα ότι τα υπόλοιπα (10W-8W=2W) παραμένουν στον αγωγό ΑΓ, αυξάνοντας την κινητική του ενέργεια.

### Υλικό Φυσικής-Χημείας

*Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...*

Επιμέλεια:

*Διονύσης Μάργαρης*