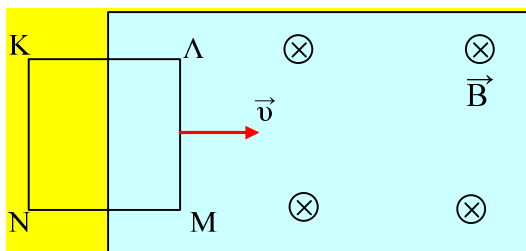


### Η επαγωγή κατά την είσοδο πλαισίου σε ΟΜΠ.

Σαν συνέχεια της ανάρτησης «Επαγωγή σε τετράγωνο πλαίσιο», ας δούμε ανάλογα ερωτήματα σε ένα κινούμενο πλαίσιο.

Ένα τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς  $a=1\text{m}$  και αντίστασης  $R=0,2\Omega$ , κινείται με το επίπεδό του οριζόντιο και για  $t=0$  εισέρχεται σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B=0,8\text{T}$ . Το πλαίσιο κινείται με σταθερή ταχύτητα  $v=0,5\text{m/s}$ .



Α) Για την χρονική στιγμή που μέσα στο πεδίο έχει εισέλθει το μισό πλαίσιο:

- i) Να υπολογιστεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- ii) Να βρεθεί η δύναμη (μέτρο και κατεύθυνση) που ασκείται στην πλευρά ΚΛ του πλαισίου.
- iii) Η συνολική δύναμη που ασκείται στο πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο.
- iv) Η οριζόντια εξωτερική δύναμη που ασκείται στο πλαίσιο για την εξασφάλιση της εισόδου και η ισχύς της, τη στιγμή αυτή.

Β) Να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις των τάσεων στις πλευρές ΚΝ και ΛΜ, σε συνάρτηση με το χρόνο, μέχρι τη στιγμή  $t_1=3\text{s}$ .

Γ) Να υπολογιστεί το έργο της εξωτερικής οριζόντιας δύναμης που ασκήθηκε στο πλαίσιο από 0-3s.

#### Απάντηση:

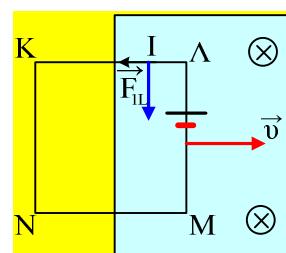
- i) Κατά τη διάρκεια της εισόδου στο μαγνητικό πεδίο, ΗΕΔ από επαγωγή αναπτύσσεται μόνο στην πλευρά ΛΜ και με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, βρίσκουμε ότι έχει την πολικότητα που φαίνεται στο διπλανό σχήμα (θετικός πόλος το άκρο Λ). Έτσι:

$$E_{επ} = Bv\ell = Bva = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1\text{V} = 0,4\text{V} \text{ και}$$

$$I = \frac{E_{επ}}{R} = \frac{0,4}{0,2} \text{A} = 2\text{A}$$

Με φορά όπως στο σχήμα.

- ii) Δύναμη Laplace ασκείται από το μαγνητικό πεδίο, στο τμήμα της πλευράς ΚΛ που βρίσκεται μέσα στο πεδίο, συνεπώς το σημείο εφαρμογής της απέχει κατά  $a/4$  από το Λ, με κατεύθυνση όπως στο σχήμα και μέτρο:

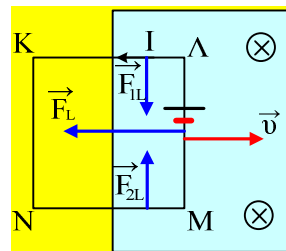


$$F_{1L} = BI\ell_1 = BI \frac{a}{2} = 0,8 \cdot 2 \frac{1}{2} N = 0,8 N.$$

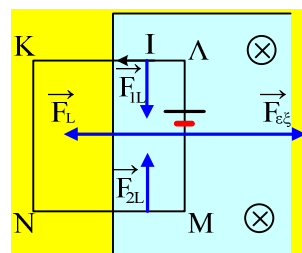
- iii) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις στα τμήματα του πλαισίου που είναι στο εσωτερικό του μαγνητικού πεδίου, όπου  $F_{1L}=F_{2L}=0,8N$ . Οι δυνάμεις αυτές έχουν αντίθετες κατευθύνσεις συνεπώς έχουν μηδενική συνισταμένη. Άρα τελικά μένει η δύναμη η οποία ασκείται στην πλευρά ΛΜ με

$$\text{μέτρο: } F_L = BI \cdot \ell = B \cdot I \cdot a = 0,8 \cdot 2 \cdot 1V = 1,6N$$

Και η οποία, (με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων) έχει αντίθετη φορά από την ταχύτητα, όπως στο σχήμα.



- iv) Για να μπορεί το πλαίσιο να εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα στο μαγνητικό πεδίο, θα πρέπει η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται να είναι μηδενική. Αλλά αφού από το μαγνητικό πεδίο δέχεται δύναμη μέτρου 1,6N, με φορά προς τα αριστερά, πρέπει να δεχτεί και μια εξωτερική δύναμη με το ίδιο μέτρο και με φορά προς τα δεξιά, από αυτόν που εξασφαλίζει την παραπάνω κίνηση (ας πούμε από εμάς που κινούμε το πλαίσιο).



Η ισχύς της δύναμης αυτής είναι:

$$P_{F_{\epsilon\xi}} = \frac{dW_{F_{\epsilon\xi}}}{dt} = \frac{F_{\epsilon\xi} dx \cdot \sigma \nu \alpha}{dt} = F_{\epsilon\xi} \cdot v \cdot \sigma \nu \alpha$$

Αφού  $\frac{dx}{dt} = v$  η στιγμιαία ταχύτητα του αγωγού και  $\alpha$  η γωνία μεταξύ δύναμης και ταχύτητας. Έτσι:

$$P_{F_{\epsilon\xi}} = F_{\epsilon\xi} \cdot v \cdot \sigma \nu \alpha = 1,6 \cdot 0,5 \cdot 1W = 0,8W$$

- B) Η είσοδος του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο διαρκεί χρονικό διάστημα:  $a = v \cdot \Delta t \rightarrow$

$$\Delta t = \frac{a}{v} = \frac{1}{0,5} s = 2s. \text{ Στο χρονικό αυτό διάστημα η ΗΕΔ από επαγωγή είναι σταθερή, συνεπώς το}$$

πλαίσιο θα διαρρέεται από σταθερής έντασης ρεύμα. Εξάλλου η αντίσταση κάθε πλευράς θα υπολογίζεται

με χρήση του νόμου της αντίστασης  $R_1 = \rho \frac{a}{S}$ . Αλλά η συνολική αντίσταση του πλαισίου είναι

$$R = \rho \frac{\ell}{S} = \rho \frac{4a}{S} \text{ οπότε } R_1 = \frac{R}{4} = 0,05\Omega. \text{ Συνεπώς στο χρονικό διάστημα}$$

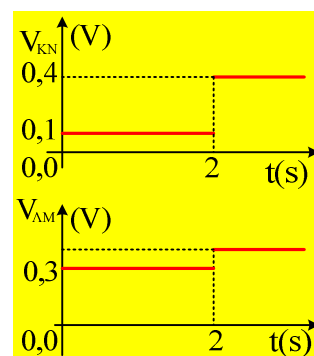
από 0-2s για τις τάσεις έχουμε:

$$V_{KN} = I \cdot R_{KN} = 2 \cdot 0,05V = 0,1V \text{ και}$$

$$V_{\Lambda M} = E_{\epsilon\pi} - I \cdot R_{\Lambda M} = 0,4V - 2 \cdot 0,05V = 0,3V.$$

Εξάλλου για  $t > 2s$ , όλο το πλαίσιο κινείται μέσα στο ΟΜΠ, οπότε και στις δύο πλευρές ΚΝ και ΛΜ, αναπτύσσονται ίσες ΗΕΔ,  $E = Bv\ell = Bva = 0,4V$ .

Όμως η συνολική ΗΕΔ στο πλαίσιο είναι  $E_{\text{ολ}} = E_{KN} - E_{\Lambda M} = 0$ , οπότε το πλάι-



σιο δεν διαρρέεται από ρεύμα, συνεπώς  $V_{KN}=V_{\Lambda M}=0,4V$  και οι ζητούμενες γραφικές παραστάσεις είναι αυτές του διπλανού σχήματος.

Γ) Για να κινείται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα πρέπει  $\Sigma F=0$ . Αλλά δύναμη από το πεδίο ασκείται μόνο από 0-2s, όπου το πλαίσιο εισέρχεται στο πεδίο, αφού μετά την είσοδό του, δεν διαρρέεται από ρεύμα, οπότε δεν δέχεται και δύναμη Laplace. Εξάλλου σε όλη τη διάρκεια της εισόδου, η ένταση του ρεύματος είναι σταθερή και ίση με 2 A, αφού η μόνη ΗΕΔ είναι αυτή στην πλευρά ΛΜ, η οποία έχει σταθερή τιμή  $E=0,4V$ . Έτσι στο διάστημα 0-2s, έχουμε:

$$F_{εξ}=F_L=BI\ell=BIa=1,6N$$

Και το έργο που παράγει είναι:

$$W=F_{εξ} \cdot \Delta x \cdot \sin 0^\circ = 1,6 \cdot 1J = 1,6J.$$

### Σχόλια:

- 1) Στη διάρκεια της εισόδου του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο, μεταβάλλεται η μαγνητική ροή, οπότε εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή και το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα. Μόλις ολοκληρωθεί η είσοδος η μαγνητική ροή παραμένει σταθερή και δεν εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή στο κύκλωμα, συνεπώς ούτε και ηλεκτρικό ρεύμα.
- 2) Το έργο της εξωτερικής δύναμης, εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από αυτόν που ασκεί τη δύναμη στο πλαίσιο, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Πράγματι η ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο κύκλωμα είναι  $W_{\eta\lambda}=E \cdot I \cdot t = 0,4 \cdot 2 \cdot 2J = 1,6J$  η οποία τελικά θα μετατραπεί σε θερμότητα στην αντίσταση του πλαισίου:  $Q_\theta = I^2 R t = 2^2 \cdot 0,2 \cdot 2J = 1,6J$ .
- 3) Στις πλευρές ΚΛ και ΝΜ δεν εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή, αφού η δύναμη Lorentz που ασκείται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια τα μεταφέρει στα πλευρικά τοιχώματα, χωρίς να δημιουργεί επαγωγική τάση στα άκρα των πλευρών.

### Υλικό Φυσικής - Χημείας.

Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους....

Επιμέλεια:

*Διονύσης Μάργαρης*