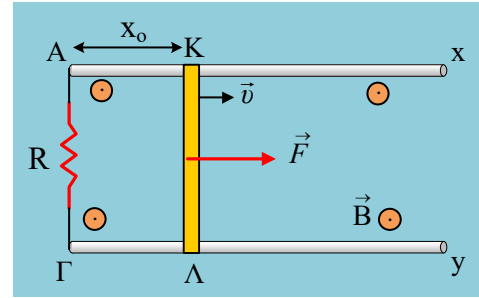


## Από τη μαγνητική ροή στην επαγωγή

Ο αγωγός ΚΛ μήκους  $\ell=1\text{m}$ , μπορεί να κινείται οριζόντια, σε επαφή με δυο παράλληλους αγωγούς Αx και Γy μήκους  $d=2\text{m}$ , χωρίς τριβές, μέσα σε ένα ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης  $B=0,3\text{T}$ , το οποίο εκτείνεται στην περιοχή που ορίζεται από τους αγωγούς Αx και Γy. Ο αγωγός ΚΛ και οι δύο αγωγοί Αx και Γy δεν παρουσιάζουν αντίσταση, ενώ μεταξύ των άκρων Α και Γ συνδέεται αντιστάτης με αντίσταση  $R=0,2\Omega$ . Ο αγωγός ΚΛ, με την επίδραση μιας κατάλληλης οριζόντιας δύναμης, κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα  $v=2\text{m/s}$  και τη στιγμή  $t=0$  απέχει από τα άκρα ΑΓ απόσταση  $x_0=0,4\text{m}$ .



- i) Να βρεθεί η μαγνητική ροή που διέρχεται από το ορθογώνιο ΑΚΛΓ σε συνάρτηση με το χρόνο και να γίνει η γραφική της παράσταση, μέχρι ο αγωγός να εγκαταλείψει τους αγωγούς Αx και Γy, θεωρώντας την κάθετη στην επιφάνεια να έχει την ίδια φορά με την ένταση του πεδίου.
- ii) Να βρεθούν ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής και η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στο ορθογώνιο, καθώς και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R, σε συνάρτηση με το χρόνο.
- iii) Να υπολογιστεί η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα πάνω στον αντιστάτη και να συγκριθεί με το έργο της ασκούμενης δύναμης F.

### Απάντηση:

- i) Έστω ότι τη χρονική στιγμή t, ο αγωγός ΚΛ έχει μετατοπισθεί κατά  $\Delta x$ , ευρισκόμενος στη θέση που δείχνει το σχήμα. Τη στιγμή αυτή, από το σχηματιζόμενο ορθογώνιο ΑΚΛΓ διέρχεται μαγνητική ροή:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \sin\theta^\circ = B \cdot \ell(x_0 + \Delta x) = B \cdot \ell x_0 + B \cdot \ell v \cdot t \rightarrow$$

$$\Phi = 0,3 \cdot 1 \cdot 0,4 + 0,3 \cdot 1 \cdot 2t = 0,12 + 0,6t \text{ (S.I.)}$$

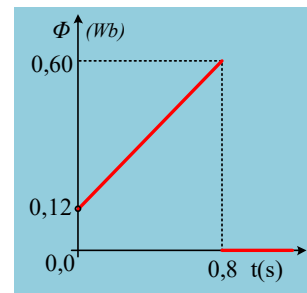
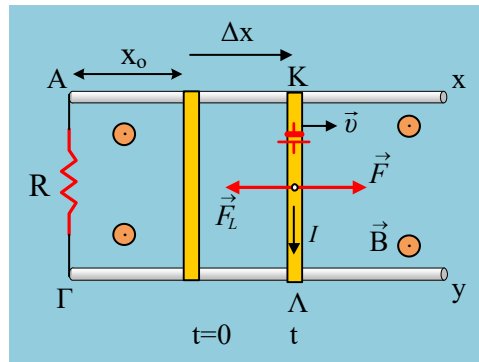
Η παραπάνω σχέση ισχύει, μέχρι να φτάσει ο αγωγός ΚΛ στα δεξιά άκρα των αγωγών Αx και Βy, δηλαδή μέχρι τη στιγμή, όπου  $\Delta x = d - x_0$ , οπότε:

$$\Delta x = v \cdot t_1 \rightarrow t_1 = \frac{d - x_0}{v} = \frac{2 - 0,4}{2} \text{ s} = 0,8\text{s}$$

- ii) Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής, ίσος με την κλίση της διπλανής γραφικής παράστασης  $\Phi = \Phi(t)$ , έχει σταθερή τιμή (σταθερή κλίση):

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0,60 - 0,12}{0,8} \text{ Wb/s} = 0,6 \text{ Wb/s}$$

Αξίζει να προσέξουμε ότι η τιμή που βρήκαμε (ως μέση τιμή) δεν είναι τίποτα άλλο, παρά ο συντελεστής



του χρόνου στη συνάρτηση της ροής  $\Phi=0,12+0,6\cdot t$  (S.I.).

Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο κύκλωμα είναι ίση:

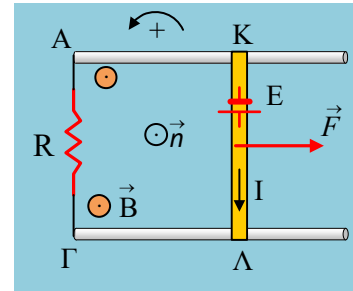
$$E = -\frac{d\Phi}{dt} = -0,6 \text{ V}$$

Ενώ από τον νόμο του Ohm παίρνουμε:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{-0,6\text{V}}{0,2\Omega} = -3\text{A}$$

### Σημείωση:

Θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε την απόλυτη τιμή της ΗΕΔ και της έντασης του ρεύματος, βρίσκοντας  $E=0,6\text{V}$  και  $3 \text{ A}$  αντίστοιχα. Παίρνοντας όμως την κάθετη στην επιφάνεια να έχει φορά προς τα έξω, ίδια με την ένταση του πεδίου, ουσιαστικά έχουμε ορίσει μια θετική φορά διαγραφής του ορθογωνίου, την ΚΑΓΛ, όπως έχει σημειωθεί στο σχήμα, αντίθετη από την φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού. Έτσι η τιμή  $E=-0,6\text{V}$  μας δείχνει ότι η πηγή που εμφανίζεται έχει την πολικότητα του σχήματος και θα μας δώσει και αρνητική ένταση ρεύματος (αντίθετης φοράς από αυτήν που ορίσαμε ως θετική).



iii) Η θερμότητα που παράγεται πάνω στον αντιστάτη δίνεται από τον νόμο του Joule:

$$Q=I^2Rt = 3^2\cdot 0,2\cdot 0,8\text{J}=1,44\text{J}$$

Για να κινείται με σταθερή ταχύτητα ο αγωγός, πρέπει  $\Sigma F=0$ , όπου οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω του στη διεύθυνση τη κίνησης, έχουν σχεδιασθεί στο πρώτο σχήμα. Τότε:

$$F=F_L=B\cdot I\cdot \ell = 0,3\cdot 3\cdot 1 \text{ N}=0,9\text{N}$$

Το αντίστοιχο έργο της ασκούμενης δύναμης  $F$ , για μετατόπιση της ράβδου κατά:

$$\Delta x=d-x_0=2\text{m}-0,4\text{m}=1,6\text{m}, \text{ είναι:}$$

$$W=F\cdot \Delta x=0,9\cdot 1,6 \text{ J}=1,44\text{J}$$

Με απλή σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων, γίνεται φανερόν ότι μέσω του έργου της ασκούμενης εξωτερικής δύναμης  $F$ , παρέχεται ενέργεια στον αγωγό  $1,44\text{J}$ , η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα και τελικά σε θερμότητα πάνω στον αντιστάτη.

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