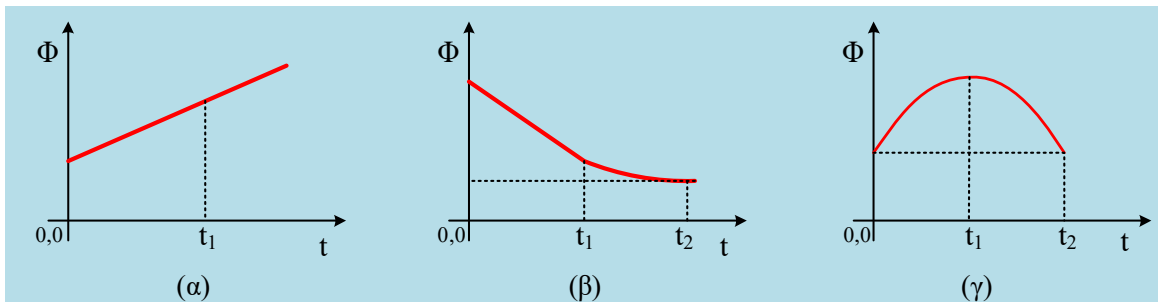
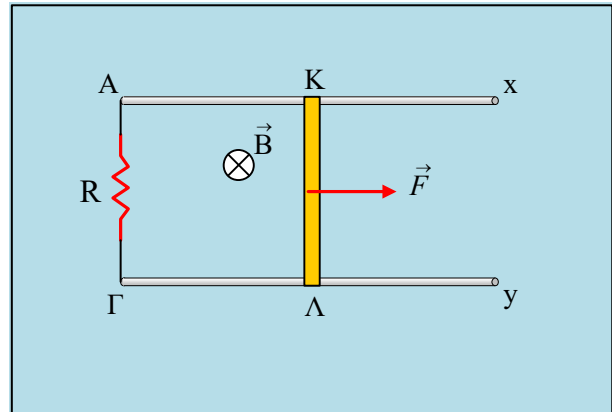


Η κίνηση του αγωγού και η μαγνητική ροή.

Ο αγωγός ΚΛ μήκους ℓ , μπορεί να κινείται οριζόντια, μέσα σε ένα ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης B , σε επαφή με δυο παράλληλους αγωγούς Αχ και Γγ. Μεταξύ των άκρων Α και Γ συνδέεται αντιστάτης, ενώ στον ΚΛ, μπορούμε να ασκούμε μια οριζόντια δύναμη F (η δύναμη μπορεί να είναι και αντίθετης φοράς, από αυτήν που φαίνεται στο σχήμα). Παρακάτω δίνονται τρία διαγράμματα $\Phi=\Phi(t)$ για τη μαγνητική ροή που περνά από το ορθογώνιο ΑΚΛΓ, με την προϋπόθεση ότι η κάθετη στην επιφάνεια έχει φορά ίδια με την ένταση του πεδίου.



1) Αναφερόμενοι στο (α) σχήμα:

- α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα δεξιά.
- β) Η κίνηση του ΚΛ είναι ευθύγραμμη ομαλή.
- γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F , με φορά προς τα δεξιά.

2) Αναφερόμενοι στην περίπτωση του (β) διαγράμματος:

- α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα αριστερά.
- β) Από $0-t_1$ ο αγωγός έχει σταθερή επιτάχυνση με φορά προς τα δεξιά.
- γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F , με φορά προς τα αριστερά.
- δ) Τη στιγμή t_2 ο αγωγός είναι ακίνητος σε κάποια απόσταση από τον αντιστάτη.

3) Για την (γ) περίπτωση της ροής, όπου η καμπύλη είναι αρμονική.

- α) Τη στιγμή $t=0$ ο αγωγός ΚΛ έχει ταχύτητα προς τα δεξιά.
- β) Τη στιγμή t_1 ο αγωγός έχει μηδενική ταχύτητα.
- γ) τη στιγμή t_2 ο αγωγός έχει επιστρέψει στην αρχική του θέση.
- δ) Το έργο της δύναμης F από $0-t_2$ είναι ίσο με μηδέν.

Να χαρακτηρίσετε τις παραπάνω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες, δίνοντας και σύντομες δικαιολογήσεις.

Απάντηση:

Ας δούμε λίγη ...θεωρία!

Έστω ότι τη στιγμή $t=0$ ο αγωγός ΚΛ απέχει κατά d από τα άκρα ΑΓ και τη στιγμή $t= \Delta t$ έχει μετατοπισθεί κατά Δx , κινούμενος προς τα δεξιά όπως στο σχήμα, με σταθερή ταχύτητα v . Τότε η μαγνητική ροή που περνά από το ορθογώνιο ΑΚΛΓ τη στιγμή t , είναι ίση με:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \sin \theta = B \cdot \ell \cdot (d + \Delta x) = B \cdot \ell d + B \cdot \ell v \cdot t$$

Αλλά τότε η κλίση σε ένα διάγραμμα $\Phi = \Phi(t)$:

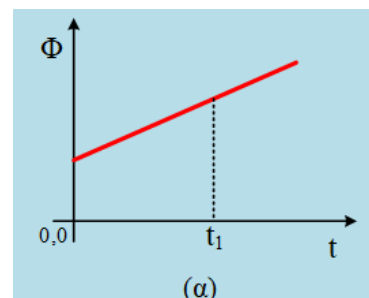
$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(B\ell d + B\ell vt)}{dt} = B\ell v$$

Είναι ανάλογη της ταχύτητας v και αν $v > 0$, τότε ο αγωγός κινείται προς τα δεξιά και έχουμε θετική κλίση, ενώ αν $v < 0$, τότε ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα αριστερά, με αρνητική κλίση (φθίνουσα συνάρτηση της ροής). Εξάλλου, αν η ταχύτητα είναι σταθερή η παραπάνω κλίση είναι σταθερή, διαφορετικά μεταβλητή κλίση σημαίνει και μεταβλητή ταχύτητα.

Έχοντας αυτά υπόψη, ας δούμε τα τρία ερωτήματα:

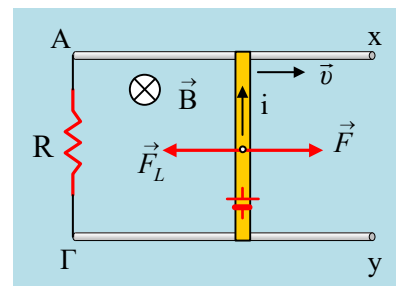
1) Για το (α) διάγραμμα, η ροή αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, αλλά τότε αυξάνεται το εμβαδόν του ορθογωνίου, πράγμα που μπορεί να συμβεί αν ο αγωγός κινείται προς τα δεξιά. Έτσι:

- α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα δεξιά. (Σ)
- β) Η κίνηση του ΚΛ είναι ευθύγραμμη ομαλή. (Σ), αφού έχουμε σταθερή κλίση στο διάγραμμα $\Phi(t)$.



γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F , με φορά προς τα δεξιά. (Σ)

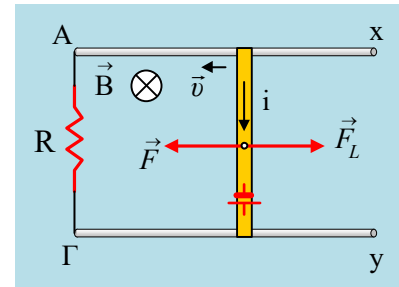
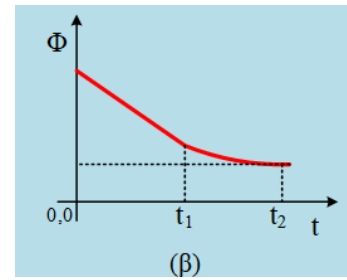
Λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή και το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz η φορά του επαγωγικού ρεύματος θα είναι αυτή που έχει σημειωθεί στο διπλανό σχήμα, οπότε η εμφανιζόμενη δύναμη Laplace να τείνει να σταματήσει τον αγωγό.



Αλλά τότε για να έχουμε κίνηση με σταθερή ταχύτητα, είναι απαραίτητη και η εξάσκηση και μιας αντίθετης δύναμης F , με φορά προς τα δεξιά, όπως στο σχήμα.

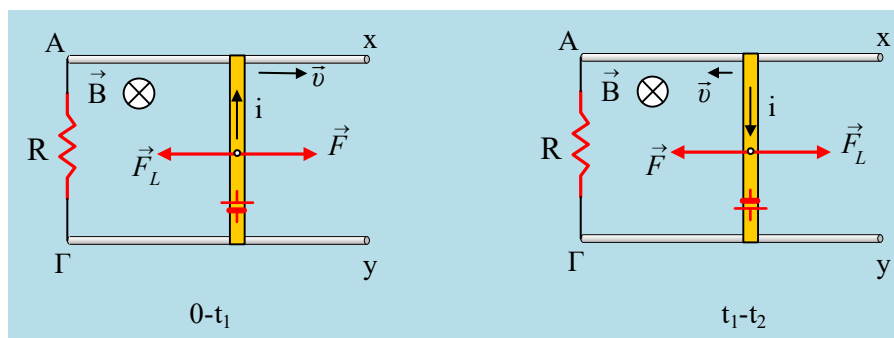
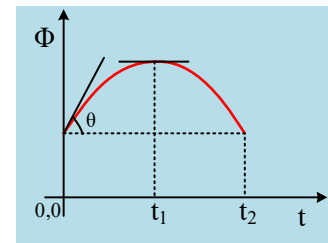
2) Μιλώντας για το (β) διάγραμμα:

- α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα αριστερά. (Σ), αφού η ροή μειώνεται.
- β) Από 0- t_1 ο αγωγός έχει σταθερή επιτάχυνση με φορά προς τα δεξιά. (Λ).
 Η κλίση της γραφικής παράστασης από 0- t_1 παραμένει σταθερή, πράγμα που σημαίνει κίνηση με σταθερή ταχύτητα.
- γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F, με φορά προς τα αριστερά. (Λ), αφού σταθερού μέτρου δύναμη απαιτείται αν ασκήσουμε μέχρι τη στιγμή t_1 , όπου έχουμε κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Στη συνέχεια ο αγωγός επιβραδύνεται και σταματά μετά από λίγο...
- δ) Τη στιγμή t_2 ο αγωγός είναι ακίνητος σε κάποια απόσταση από τον αντιστάτη. (Σ). Βλέπουμε τη μαγνητική ροή να σταθεροποιείται, πράγμα που σημαίνει ότι σταματά η κίνηση του αγωγού.



3) Για την (γ) περίπτωση της ροής.

- α) Τη στιγμή $t=0$ ο αγωγός ΚΛ έχει ταχύτητα προς τα δεξιά. (Σ). Η κλίση της ροής είναι θετική (εφθ>0), συνεπώς και $v>0$.
- β) Τη στιγμή t_1 ο αγωγός έχει μηδενική ταχύτητα. (Σ). Τη στιγμή t_1 η κλίση $dΦ/dt$ είναι μηδενική, αλλά τότε και $v=0$.
- γ) τη στιγμή t_2 ο αγωγός έχει επιστρέψει στην αρχική του θέση. (Σ). Τη t_2 η μαγνητική ροή έχει την ίδια τιμή με τη ροή τη στιγμή $t=0$. Αλλά αυτό σημαίνει ότι έχουμε και το ίδιο εμβαδόν του ορθογωνίου ΑΚΛΓ.
- δ) Το έργο της δύναμης F από 0- t_2 είναι ίσο με μηδέν (Λ). Το έργο της δύναμης F είναι θετικό και ίσο με την ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο κύκλωμα, αφού η αρχική ταχύτητα του ΚΛ είναι ίση και με την ταχύτητά του τη στιγμή t_2 (οι δυο κλίσεις κατά απόλυτο τιμή ίσες). Εξάλλου η κατάσταση περιγράφεται από τα σχήματα:



Με βάση τα οποία βλέπουμε ότι και στα δύο χρονικά διαστήματα η δύναμη έχει την φορά της ταχύτητας, συνεπώς παράγει θετικό έργο.

dmargaris@gmail.com