# Από την επιτάχυνση στην επαγωγή.

 Η ακίνητη μεταλλική ράβδος ΑΓ, μήκους ℓ=1m, μάζας 0,5kg και αμελητέας αντίστασης, μπορεί να κινείται οριζόντια όπως στο σχήμα, μέσα σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης Β, σε επαφή με δύο οριζόντιους ευθύγραμμους αγωγούς xx΄ και yy΄, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν αντίσταση, χωρίς τριβές. Ένας αντιστάτης με αντίσταση R, συνδέεται στα άκρα x και y των δύο αγωγών. Σε μια στιγμή t0=0, ασκούμε στην ράβδο ΑΓ μια οριζόντια δύναμη F, μεταβλητού μέτρου, παράλληλη προς τους αγωγούς xx΄ και yy΄, με αποτέλεσμα η ράβδος να κινηθεί με μεταβλητή επιτάχυνση όπως στο διάγραμμα.

i) Να αποδείξετε ότι τη στιγμή t1=2s η ράβδος έχει ταχύτητα υ1=2m/s.

ii) Αν την στιγμή t1 η ασκούμενη δύναμη έχει μέτρο F1=2Ν, να υπολογιστούν ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΑΓ, καθώς και ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα στην αντίσταση R.

Δίνεται για την αντίσταση R=2Ω.

iii) Να υπολογιστεί η ένταση Β του μαγνητικού πεδίου.

iv) Να βρεθεί η ηλεκτρική ισχύς στο κύκλωμα τη στιγμή t2=3s, καθώς και το μέτρο της ασκούμενης δύναμης F.

v) Υποστηρίζεται ότι τη στιγμή t3=4s, το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει στο κύκλωμα έχει αντίθετη φορά, από την φορά του τη στιγμή t1. Συμφωνείτε ή όχι και γιατί;

***Απάντηση:***

Μόλις ασκηθεί η δύναμη F στην ράβδο ΑΓ, αυτή θα επιταχυνθεί προς τα δεξιά, οπότε πάνω της θα εμφανιστεί μια ΗΕΔ από επαγωγή, λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το σχηματιζόμενο πλαίσιο xΑΓy. Η ΗΕΔ θα έχει την πολικότητα που έχει σημειωθεί στο σχήμα, αφού τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την ράβδο, θα έχει φορά από το Α στο Γ και έτσι η δύναμη Laplace που ασκείται στη ράβδο, θα έχει φορά προς τα αριστερά, τείνοντας να αντισταθεί στην κίνησή της.

* 1. Στο διάγραμμα α-t, αν πάρουμε ένα στοιχειώδες χρονικό διάστημα dt, τότε το στοιχειώδες εμβαδόν, με γκρι χρώμα, είναι αριθμητικά ίσο με την αντίστοιχη στοιχειώδη μεταβολή της ταχύτητας, αφού dυ=α∙dt. Αλλά τότε το εμβαδόν του χωρίου, του τριγώνου με κίτρινο χρώμα θα είναι αριθμητικά ίσο με την συνολική μεταβολή της ταχύτητας στο χρονικό διάστημα 0-2s. Θα έχουμε δηλαδή:



Αφού ο αγωγός ξεκινά από την ηρεμία.

* 1. Για τη στιγμή t1 από το 2ο νόμο του Νεύτωνα παίρνουμε:

*ΣF=mα → F-FL=mα →*

*FL1=F-mα=2Ν-0,5∙2Ν=1Ν*

Για τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου έχουμε:



Βρίσκουμε την ισχύ της δύναμης Laplace την στιγμή t1:



Η αρνητική τιμή της παραπάνω ισχύος, σημαίνει ότι η δύναμη Laplace αφαιρεί ενέργεια από την ράβδο ΑΓ. Την ενέργεια αυτή την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα, η οποία τελικά εμφανίζεται με την μορφή της θερμότητας στην αντίσταση R. Δηλαδή έχουμε:



* 1. Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται πάνω στην ράβδο τη στιγμή t1 είναι ίση (κατ΄ απόλυτο τιμή) με:



οπότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με:



Και με αντικατάσταση στην δύναμη Laplace, που υπολογίσαμε παραπάνω, παίρνουμε:



* 1. Το εμβαδόν του κίτρινου τριγώνου στο διπλανό σχήμα, είναι αριθμητικά ίσο με την μεταβολή της ταχύτητας της ράβδου από 0-t2, συνεπώς και με την ταχύτητα υ2, αφού υ0=0:



Αλλά τότε η ΗΕΔ που εμφανίζεται στην ράβδο είναι ίση με:

*Ε2=Βυ2l = 1∙3∙1V= 3V*

 και το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, με ένταση:



Συνεπώς η ηλεκτρική ισχύς στο κύκλωμα είναι ίση:

*Ρ2=Ε2∙i2=3V∙1,5 Α = 4,5W* ενώ

*ΣF=mα=0 → F =FL2=Βi2l=1∙1,5∙1Ν=1,5Ν*

* 1. Για να δούμε αν άλλαξε η φορά του ρεύματος, ελέγχουμε αν άλλαξε η φορά της ταχύτητας, αφού αυτή καθορίζει και την πολικότητα της ΗΕΔ (και άρα τη φορά του ρεύματος). Προηγουμένως βρήκαμε ότι την στιγμή t2=3s η ράβδος έχει ταχύτητα προς τα δεξιά μέτρου υ2=3m/s. Από κει και πέρα η ράβδος επιταχύνεται προς τα αριστερά (α<0) και το εμβαδόν του πράσινου τριγώνου, στο παραπάνω διάγραμμα i-t, είναι αριθμητικά ίσο με την μεταβολή της ταχύτητας στο χρονικό διάστημα 3s-4s. Οπότε:



Έτσι η ταχύτητα της ράβδου τη στιγμή t3=4s, έχει τιμή:



Βλέπουμε δηλαδή ότι η ράβδος συνεχίζει να κινείται προς τα δεξιά, με αποτέλεσμα να μην έχει αλλάξει η πολικότητα της ΗΕΔ από επαγωγή, ούτε φορά της έντασης του ρεύματος.

***dmargaris@gmail.com***