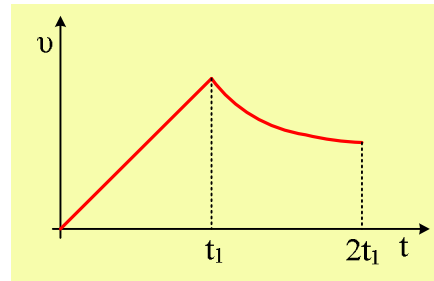
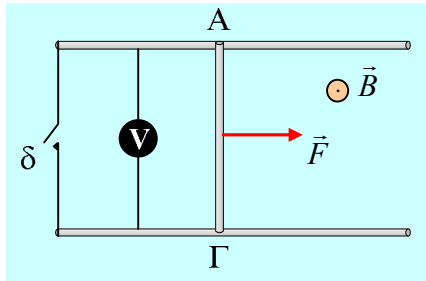


Η ερμηνεία μιας καμπύλης στην επαγωγή

Ο αγωγός ΑΓ του σχήματος, έχει μάζα m , μήκος l και αντίσταση R και μπορεί να κινείται οριζόντια χωρίς τριβές, σε επαφή με δύο οριζόντιους στύλους, μέσα σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο.



Ασκούμε στον ΑΓ μια σταθερή οριζόντια δύναμη F για χρονικό διάστημα t_1 με το διακόπτη δ ανοικτό και τη στιγμή t_1 κλείνουμε το διακόπτη. Στο διάγραμμα δίνεται η ταχύτητα του αγωγού μέχρι τη στιγμή $2t_1$. Δίνεται ότι το βολτόμετρο είναι ιδανικό, ενώ οι υπόλοιποι αγωγοί δεν έχουν αντίσταση.

i) Να δώσετε μια αναλυτική ερμηνεία για την μορφή της καμπύλης $v=f(t)$.

ii) Αν W_1 είναι το έργο της δύναμης F από $0-t_1$ και W_2 το αντίστοιχο έργο από t_1-2t_1 , ισχύει

$$\alpha) W_1 < W_2, \quad \beta) W_1 = W_2, \quad \gamma) W_1 > W_2.$$

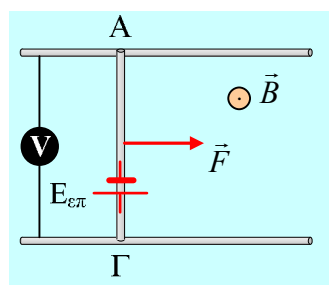
iii) Αν V_1 η ένδειξη του βολτομέτρου για $t > 0$, με ανοικτό το διακόπτη και V_2 η αντίστοιχη ένδειξη με το διακόπτη κλειστό, θα ισχύει:

$$\alpha) V_1 < V_2, \quad \beta) V_1 = V_2, \quad \gamma) V_1 > V_2,$$

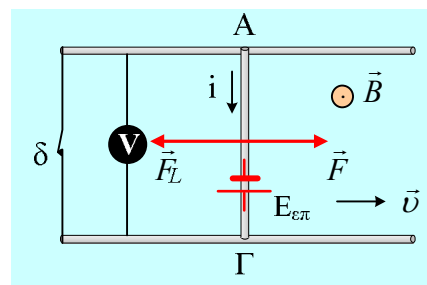
Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Απάντηση:

i) Μόλις ασκηθεί η δύναμη F στον αγωγό ΑΓ, αυτός επιταχύνεται προς τα δεξιά. Με βάση το διάγραμμα της ταχύτητας για $t < t_1$, η επιτάχυνση του αγωγού είναι σταθερή (σταθερή κλίση), πράγμα αναμενόμενο, αφού να μην πάνω στον αγωγό αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή, αλλά ο αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα, μιας και ο διακόπτης είναι ανοικτός και το βολτόμετρο ιδανικό, με άπειρη αντίσταση. Έτσι η μόνη οριζόντια δύναμη που ασκείται στον αγωγό είναι η σταθερή δύναμη F .



διακόπτης ανοικτός



διακόπτης κλειστός

Κλείνοντας το διακόπτη, έχουμε το κύκλωμα του δεξιού σχήματος, όπου τότε το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Α στο Γ, με αποτέλεσμα στον αγωγό να ασκείται δύναμη Laplace με κατεύθυνση αντίθετη της ταχύτητας. Τι κίνηση κάνει ο αγωγός; Με βάση το διάγραμμα της ταχύτητας, η ταχύτητα

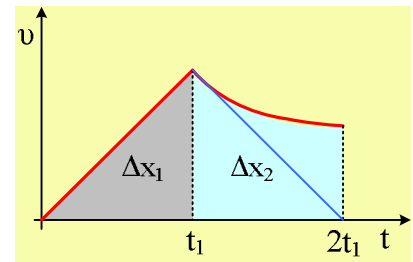
μειώνεται, πράγμα που σημαίνει ότι ο αγωγός επιβραδύνεται. Πράγματι εφαρμόζοντας το 2ο νόμο του Νεύτωνα, παίρνουμε:

$$\Sigma F = ma \rightarrow F - F_L = ma \rightarrow F - BIl = ma \rightarrow$$

$$F - B \frac{Bvl}{R} l = ma$$

Ο αγωγός τείνει να αποκτήσει οριακή ταχύτητα, όταν $a=0$, ταχύτητα σαφώς μικρότερη από αυτήν που είχε αποκτήσει ο αγωγός τη στιγμή t_1 .

- ii) Το έργο της δύναμης σε κάθε χρονικό διάστημα, δίνεται από την εξίσωση $W=F \cdot \Delta x$, όπου Δx η αντίστοιχη μετατόπιση. Αλλά στο διάγραμμα $v-t$ το εμβαδόν κάθε χωρίου, είναι αριθμητικά ίσο με την αντίστοιχη μετατόπιση. Εύκολα με βάση το διπλανό σχήμα (προσέξτε την μπλε γραμμή στο διάγραμμα...) διαπιστώνεται ότι το εμβαδόν του γαλάζιου χωρίου, είναι μεγαλύτερο από το εμβαδόν του γκρι τριγώνου.



Αλλά αν $\Delta x_1 < \Delta x_2$, τότε και $W_1 < W_2$.

Σωστό το α).

- iii) Με ανοικτό το διακόπτη το βολτόμετρο δείχνει την τάση $V_{\Gamma\Lambda} = E_{\varepsilon\pi} = Bvl$, αφού ο αγωγός ΑΓ δεν διαρρέεται από ρεύμα. Βλέπουμε δηλαδή η ένδειξή του να ξεκινά από μηδενική τιμή και να αυξάνεται, ανάλογη της ταχύτητας του αγωγού. Για $t > 0$ το βολτόμετρο δείχνει προφανώς ένδειξη $V_1 > 0$. Κλείνοντας το διακόπτη, το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα (θεωρούμε ότι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το βολτόμετρο μηδενική), με ένταση:

$$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{ολ}} = \frac{Bvl}{R} \rightarrow$$

$$V_v = E - I r_{\varepsilon\sigma} = Bvl - \frac{Bvl}{R} R = 0$$

Με άλλα λόγια η «πηγή» μας, ο αγωγός ΑΓ βραχυκυκλώνεται, με αποτέλεσμα η πολική της τάση να μηδενίζεται. Έχουμε δηλαδή $V_2=0$.

Οπότε $V_1 > V_2$ και σωστή είναι η απάντηση γ).

Σχόλιο:

Το ιδανικό βολτόμετρο θεωρούμε ότι έχει άπειρη αντίσταση. Η αλήθεια είναι ότι έχει μια πολύ μεγάλη εσωτερική αντίσταση, αλλά όχι άπειρη. Αλλά τότε με ανοικτό το διακόπτη, το βολτόμετρο διαρρέεται από ρεύμα έντασης i_1 , όπου:

$$i_1 = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{ολ}} = \frac{Bvl}{R + R_v} \rightarrow 0$$

Αλλά τότε, η πτώση τάσης πάνω στην αντίσταση R του αγωγού τείνει στο μηδέν και η τάση $V_{\Gamma\Lambda} \approx E_{\varepsilon\pi}$.

dmargaris@gmail.com