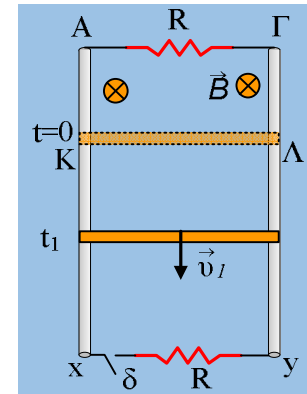


## Η οριακή ταχύτητα και το κλείσιμο του διακόπτη

Ο αγωγός ΚΛ αφήνεται να κινηθεί κατακόρυφα, σε επαφή με δύο κατακόρυφους στύλους Αx και Γy, όπως στο σχήμα, τη στιγμή  $t_0=0$ . Οι δύο στύλοι συνδέονται στα πάνω άκρα τους με αντίσταση R, ενώ το σύστημα βρίσκεται εντός ενός οριζόντιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου, έντασης B.



- i) Ο αγωγός θα κινηθεί με μεταβλητή επιτάχυνση με τιμές από g έως μηδέν.
- ii) Αν τη στιγμή  $t_1$  που ο αγωγός έχει αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα  $v_1$  (έχοντας μηδενική επιτάχυνση), κλείσουμε το διακόπτη δ, οπότε παρεμβάλλεται και μια ακόμη αντίσταση R, τότε ο ΚΛ θα αποκτήσει στιγμιαία επιτάχυνση με φορά προς τα πάνω και μέτρο g.

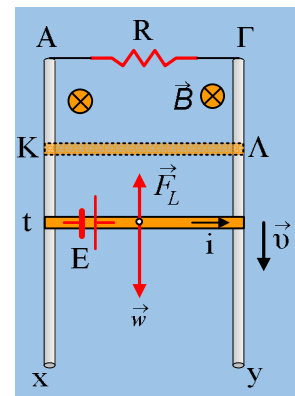
- iii) Αν τελικά ο αγωγός ΚΛ αποκτήσει ξανά οριακή ταχύτητα, πριν φτάσει στα άκρα x,y των στύλων, αυτή θα έχει ξανά μέτρο  $v_1$ .

Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις αυτές ως σωστές ή λανθασμένες, δικαιολογώντας αναλυτικά τις απαντήσεις σας

Δίνεται ότι g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και ότι ο αγωγός ΚΛ και οι δύο κατακόρυφοι στύλοι δεν έχουν αντίσταση.

### Απάντηση:

- i) Μόλις αφηθεί ο αγωγός ΚΛ, με την επίδραση του βάρους, αποκτά επιτάχυνση ίση με την επιτάχυνση της βαρύτητας g και αρχίζει να πέφτει. Αλλά τότε έχουμε ένα κινούμενο αγωγό, οπότε μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το σχηματιζόμενο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια ΗΕΔ, λόγω επαγωγής και η ράβδος να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η φορά του ρεύματος, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αντιτίθεται στην κίνηση της ράβδου και αυτό μπορεί να συμβεί αν η ένταση έχει φορά από το Κ στο Λ, όπως στο σχήμα, οπότε τότε η δύναμη Laplace έχει φορά προς τα πάνω. Έτσι λαμβάνοντας υπόψη ότι, η ΗΕΔ στον αγωγό έχει απόλυτη τιμή  $E=Bv\ell$ , θα έχουμε για μια τυχαία στιγμή t:



$$\Sigma F = m \cdot a \rightarrow w - F_L = m \cdot a \rightarrow mg - B \cdot i \cdot \ell = m \cdot a \rightarrow$$

$$mg - B\ell \frac{Bv\ell}{R} = ma \quad (1)$$

Από την παραπάνω σχέση βλέπουμε ότι όταν αυξάνεται η ταχύτητα του αγωγού μειώνεται η επιτάχυνση και κάποια στιγμή η επιτάχυνση θα μηδενιστεί, οπότε ο αγωγός θα κινηθεί στη συνέχεια με σταθερή ταχύτητα, την οποία ονομάζουμε οριακή ταχύτητα. Έτσι θέτοντας  $a=0$  βρίσκουμε:

$$v_{op} = \frac{mgR}{B^2 \ell^2} \quad (2)$$

Με βάση αυτά, η i) πρόταση είναι σωστή.

- ii) Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τη στιγμή που ο αγωγός έχει αποκτήσει την ταχύτητα  $v_1=v_{op}$  το βάρος και η δύναμη Laplace έχουν ίσα μέτρα ( $B \cdot I_1 \cdot \ell = mg$ ). Μόλις κλείσουμε το διακόπτη παρεμβάλουμε και στο κύκλωμα και την κάτω αντίσταση R, οπότε οι δύο αντιστάτες συνδέονται παράλληλα, με ισοδύναμη αντίσταση:

$$R_{ολ} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}$$

Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα η ένταση του ρεύματος που θα διαρρέει τη ράβδο να διπλασιασθεί, αφού:

$$i_2 = \frac{E}{R_{ολ}} = \frac{E}{R/2} = 2 \frac{E}{R} = 2I_1$$

Αλλά τότε θα διπλασιασθεί και το μέτρο της δύναμης Laplace, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί συνισταμένη δύναμη με φορά προς τα πάνω και μέτρο:

$$\Sigma F = F_L - mg = B \cdot i_2 \cdot \ell - mg = 2B \cdot I_1 \cdot \ell - mg = 2mg - mg = mg$$

Αλλά τότε ο αγωγός θα αποκτήσει επιτάχυνση με φορά προς τα πάνω και μέτρο ίσο με την επιτάχυνση της βαρύτητας και θα αρχίσει να επιβραδύνεται.

Η ii) πρόταση είναι σωστή.

- iii) Σύμφωνα με την τελευταία πρόταση ενώ ο αγωγός είχε αποκτήσει ταχύτητα  $v_1=v_{op} = \frac{mgR}{B^2 \ell^2}$  κλείσαμε το διακόπτη, με αποτέλεσμα να αρχίζει να επιβραδύνεται, να μειώνεται η ταχύτητά του, άρα να μειώνεται και η ασκούμενη δύναμη Laplace και η συνισταμένη δύναμη που προκαλεί την επιβράδυνσή του. Αλλά τότε μετά από λίγο θα μηδενιστεί ξανά η επιτάχυνση και ο αγωγός θα αποκτήσει μια νέα οριακή ταχύτητα, η οποία θα υπακούει στην εξίσωση (1), όπου R θα έχουμε  $R_{ολ} = R/2$ , οπότε και:

$$v_2 = v_{op2} = \frac{mgR/2}{B^2 \ell^2} = \frac{1}{2} v_1$$

Η νέα δηλαδή οριακή ταχύτητα, θα έχει τιμή ίση με το μισό της πρώτης!

Η iii) πρόταση είναι λανθασμένη.

### Σχόλιο:

Ένα ποιοτικό διάγραμμα που περιγράφει τη μεταβολή της ταχύτητας του αγωγού, είναι αυτό του διπλανού σχήματος.

