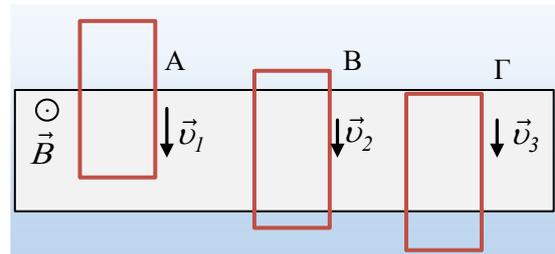


### Τρεις θέσεις κατά την πτώση πλαισίου

Ένα ορθογώνιο μεταλλικό πλαίσιο αφήνεται να πέσει από ορισμένο ύψος, με το επίπεδό του κατακόρυφο. Στη διάρκεια της πτώσης του περνά από μια περιοχή που υπάρχει ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο με δυναμικές γραμμές κάθετες στο πλαίσιο. Στο σχήμα φαίνονται τρεις θέσεις του πλαισίου, κατά το πέρασμά του μέσα από το πεδίο. Αν στη θέση Α το πλαίσιο έχει μηδενική επιτάχυνση, τότε:

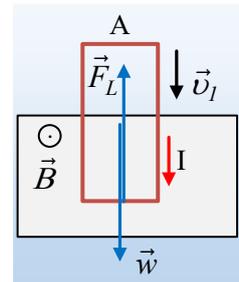


- Στη θέση Α δεν αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή στο πλαίσιο.
- Για τις ταχύτητες  $v_1$  και  $v_2$  στις θέσεις Α και Β ισχύει  $v_1 < v_2$ .
- Η επιτάχυνση του πλαισίου στη θέση Γ, μόλις η πάνω πλευρά του μπει στο πεδίο, είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω.

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

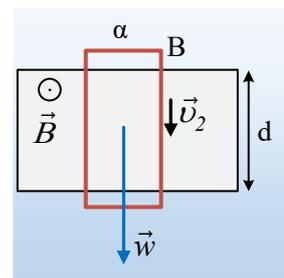
#### Απάντηση:

- Η πρόταση είναι λανθασμένη. Με την κίνηση του πλαισίου, αυξάνεται το εμβαδόν του πλαισίου που βρίσκεται μέσα στο πεδίο. Αλλά τότε μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο ( $\Phi = B \cdot S$ ) και στο πλαίσιο εμφανίζεται ΗΕΔ λόγω επαγωγής.

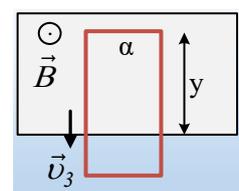


Αποτέλεσμα της ανάπτυξης ΗΕΔ είναι το πλαίσιο να διαρρέεται από ρεύμα, με φορά όπως στο σχήμα, οπότε στην κάτω πλευρά ασκείται μια δύναμη Laplace με φορά προς τα πάνω και με μέτρο ίσο με το μέτρο του βάρους, οπότε το πλαίσιο πέφτει με σταθερή ταχύτητα.

- Μόλις η κάτω πλευρά του πλαισίου βγει από το πεδίο, τότε η μαγνητική ροή που θα διέρχεται από το πλαίσιο παραμένει σταθερή ( $\Phi = B \cdot S = B \cdot a \cdot d$ , όπου  $a$  το πλάτος του πλαισίου και  $d$  το ύψος του μαγνητικού πεδίου). Αλλά τότε δεν αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή στο πλαίσιο και το ρεύμα μηδενίζεται. Αλλά τότε η μόνη δύναμη που ασκείται στο πλαίσιο είναι το βάρος  $w$ , με αποτέλεσμα να πέφτει με επιτάχυνση ίση με την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$ , εκτελώντας ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και η ταχύτητά του να αυξάνεται. Αλλά τότε η ταχύτητα  $v_2$  στη θέση Β, είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα  $v_1$  στη θέση Α. Σωστή πρόταση.



- Μόλις η πάνω πλευρά του πλαισίου μπει στο πεδίο, τότε μεταβάλλεται ξανά η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια (μειώνεται διαρκώς το εμβαδόν  $S = a \cdot y$ , όπου  $y$  το τμήμα που είναι μέσα στο πεδίο, όπως στο διπλανό σχήμα).



Αποτέλεσμα είναι στο πλαίσιο να εμφανιστεί ΗΕΔ από επαγωγή και να διαρρέεται ξανά από ηλεκτρικό ρεύμα (αντίθετης φοράς) και στην πάνω πλευρά του πλαισίου ασκείται δύναμη

Laplace με φορά προς τα πάνω (κανόνας του Lenz ), όπως στο σχήμα.

Το θέμα είναι πόσο μεγάλη ή μικρή είναι η δύναμη αυτή;

Ας επανέλθουμε στη θέση Α. Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται έχει απόλυτη τιμή:

$$E_A = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = Bv_1\alpha$$

Αφού στην πραγματικότητα αναπτύσσεται στην κάτω πλευρά μήκους  $l=\alpha$  η οποία κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Αλλά τότε, με την ίδια λογική, στην θέση Γ, ΗΕΔ αναπτύσσεται στην πάνω πλευρά του πλαισίου, με απόλυτη τιμή:

$$E_\Gamma = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = Bv_3\alpha$$

Αλλά η ταχύτητα με την οποία μπαίνει στο πεδίο η πάνω πλευρά του πλαισίου, είναι η μέγιστη ταχύτητα που αποκτά το πλαίσιο στη διάρκεια της επιταχυνόμενης κίνησης (όπως στη θέση Β), με αποτέλεσμα  $v_3 > v_2 > v_1$ . Οπότε αντίστοιχα θα έχουμε και  $E_\Gamma > E_A$ . Όμως μεγαλύτερη ΗΕΔ, σημαίνει και μεγαλύτερη (κατά απόλυτο τιμή) ένταση ρεύματος, αφού:

$$I = \frac{E}{R_{\pi\lambda}}$$

Συνεπώς και μεγαλύτερο μέτρο της ασκούμενης δύναμης Laplace:

$$F_{L\Gamma} = B \cdot I \cdot l = B \cdot I_\Gamma \cdot \alpha > B \cdot I_A \cdot \alpha = F_{LA}$$

Όμως στη θέση Α ίσχυε  $\Sigma F = 0$  ή  $F_{LA} = w$ , οπότε  $F_{L\Gamma} > w$  και το πλαίσιο αποκτά επιτάχυνση με φορά προς τα πάνω και μέτρο:

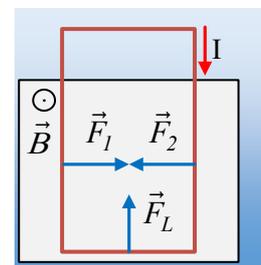
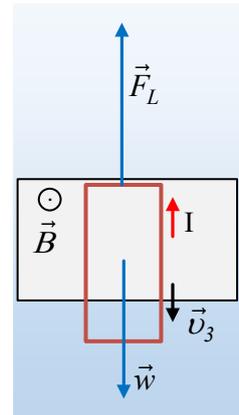
$$\alpha_\Gamma = \frac{F_{L\Gamma} - mg}{m}$$

Η οποία επιβραδύνει το πλαίσιο. Σωστή η πρόταση.

**Σχόλιο:**

Όταν το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα, δύναμη Laplace δεν ασκείται μόνο στην κάτω πλευρά του πλαισίου, αλλά και στα τμήματα των δύο κατακόρυφων πλευρών, που βρίσκονται μέσα στο πεδίο, όπως στο σχήμα.

Αλλά οι δύο οριζόντιες αυτές δυνάμεις, έχουν ίσα μέτρα  $F_1 = F_2 = B \cdot I \cdot y$ , με αποτέλεσμα να αλληλοεξουδετερώνονται, οπότε η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο, είναι κατακόρυφη και ίση με αυτή που ασκείται στην κάτω πλευρά του πλαισίου.



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