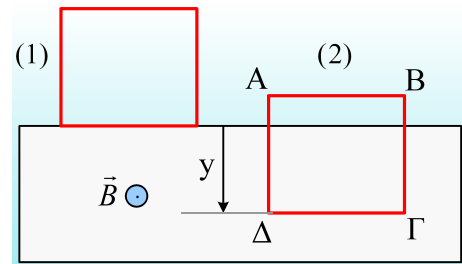


Μια πτώση ενός πλαισίου σε ΟΜΠ

Ένα τετράγωνο ομογενές και ισοπαχές μεταλλικό πλαίσιο ΑΒΓΔ συγκρατείται στην θέση (1), στα όρια ενός ομογενούς οριζώντιου μαγνητικού πεδίου, κάθετου στο επίπεδο της σελίδας. Κάποια στιγμή αφήνεται να πέσει κατακόρυφα, οπότε μετά από λίγο περνά από την θέση (2) του σχήματος, έχοντας μετακινηθεί κατά y , έχοντας ταχύτητα και επιτάχυνση με μέτρα v και a .



- i) Να εξηγήσετε γιατί στην θέση (2) το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα. Να σημειώσετε στο σχήμα, την φορά της έντασης του ρεύματος, δίνοντας σύντομη επεξήγηση.
- ii) Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες.

α) Η ταχύτητα στη θέση (2) έχει μέτρο $v = \sqrt{2gy}$.

β) Η επιτάχυνση a στην θέση (2), έχει φορά προς τα πάνω.

γ) Η ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο πλαίσιο, μεταξύ των θέσεων (1) και (2) είναι ίση με mgy .

δ) Στην πλευρά ΒΓ του πλαισίου ασκείται δύναμη Laplace οριζόντια, ίσου μέτρου με την αντίστοιχη δύναμη που ασκείται στην πλευρά ΓΔ.

- iii) Αν τη στιγμή που το πλαίσιο περνά από την θέση (2), αναπτύσσεται πάνω του ΗΕΔ $E=0,4V$, τότε:

α) Η τάση $V_{\Delta\Gamma}$ είναι ίση:

a) $V_{\Delta\Gamma}=0V$, b) $V_{\Delta\Gamma}=0,3V$, c) $V_{\Delta\Gamma}=0,4V$, d) άλλη τιμή,

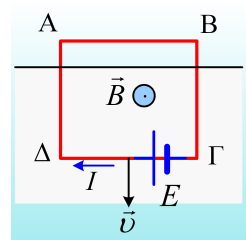
β) Η τάση $V_{B\Gamma}$ είναι ίση:

a) $V_{B\Gamma}=-0,1V$, b) $V_{B\Gamma}=0V$, c) $V_{B\Gamma}=0,1V$, d) $V_{B\Gamma}=0,3V$,

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

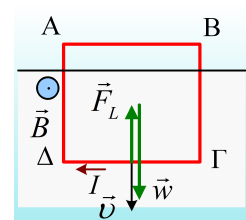
Απάντηση:

- i) Καθώς το πλαίσιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο, αυξάνεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από αυτό, οπότε εμφανίζεται πάνω του μια ΗΕΔ από επαγωγή. Εναλλακτικά η πλευρά ΓΔ του πλαισίου, κινείται με ταχύτητα v , κάθετα στις δυναμικές γραμμές, οπότε αναπτύσσεται πάνω της μια ΗΕΔ, εξαιτίας της δύναμης Lorentz που δέχονται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού. Με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, για ένα κινούμενο θετικό φορτίο, βρίσκουμε ότι αυτό δέχεται δύναμη με φορά προς τα αριστερά, συνεπώς η ΗΕΔ E έχει την πολικότητα του σχήματος, συνεπώς και η ένταση του ρεύματος έχει φορά (συμβατική φορά) από το Γ προς το Δ .



- ii) Στο διπλανό σχήμα, έχουν σημειωθεί οι δυνάμεις στο πλαίσιο, το βάρος και η δύναμη Laplace.

α) Αν το σώμα εκτελούσε ελεύθερη πτώση, με την επίδραση μόνο του βάρους, τότε θα είχαμε από την διατήρηση της μηχανικής ενέργειας:



$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow mgy = \frac{1}{2}mv_2^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{2gy} \quad (1)$$

Όμως τώρα, εξαιτίας της δύναμης Laplace, ένα μέρος της αρχικής δυναμικής ενέργειας στη θέση (1), θα εμφανιστεί σαν ηλεκτρική ενέργεια και τελικά με την μορφή της θερμότητας, συνεπώς η ταχύτητα του πλαισίου θα είναι μικρότερη από αυτήν της σχέσης (1). Η πρόταση είναι λανθασμένη.

β) Αν πάρουμε τον 2ο νόμο του Νεύτωνα για το πλαίσιο στην θέση (2), θα έχουμε:

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a} \rightarrow mg - F_L = ma \rightarrow mg - BI\ell = ma \rightarrow mg - Bl \frac{E}{R} = ma \rightarrow$$

$$mg - \frac{B^2 \ell^2 v}{R} = ma \quad (2)$$

Η εξίσωση (2) μας λέει ότι καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του πλαισίου, η επιτάχυνσή του μειώνεται, ξεκινώντας από την αρχική τιμή $a=g$. Η επιτάχυνση αυτή έχει κατεύθυνση προς τα κάτω, αφού σε κάθε θέση το βάρος έχει μεγαλύτερο μέτρο από την ασκούμενη δύναμη Laplace. Μέχρι ποια τιμή μπορεί να πάρει η επιτάχυνση αυτή; Μέχρι να μηδενιστεί, οπότε το πλαίσιο αποκτά οριακή ταχύτητα. Αλλά από τη στιγμή αυτή (όπου $\Sigma F=0$), δεν υπάρχει λόγος να μεγαλώσει άλλο η ταχύτητα, άρα και η δύναμη Laplace, οπότε το πλαίσιο ΠΟΤΕ δεν θα αποκτήσει επιτάχυνση με φορά προς τα πάνω. Η πρόταση είναι λανθασμένη.

γ) Η πρόταση είναι λανθασμένη. Η αρχική δυναμική ενέργεια στην θέση (1), με την υπόθεση ότι στην θέση (2) $U=0$, είναι ίση με $U_1=mgy$. Αλλά ένα μέρος αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, αφού το υπόλοιπο εμφανίζεται με τη μορφή της κινητικής ενέργειας.

δ) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις που το μαγνητικό πεδίο ασκεί στις πλευρές ΒΓ και ΓΔ. Για τα μέτρα τους έχουμε:

$$F_L = BI\ell \quad \text{και} \quad F_{Ll} = BIy \xrightarrow{y < \ell} F_{Ll} < F_L$$

Η πρόταση είναι λανθασμένη.

iii) Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, στην πραγματικότητα αναπτύσσεται πάνω στην πλευρά ΓΔ, με πολικότητα, όπως στο σχήμα. Αν κάθε πλευρά του πλαισίου έχει αντίσταση R, τότε, το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$I = \frac{E}{R_{\text{ολ}}} = \frac{E}{4R}$$

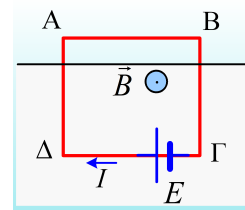
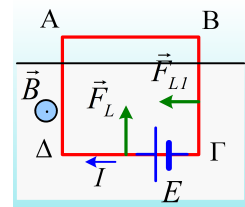
α) Αντιμετωπίζοντας την πλευρά ΓΔ ως μια πηγή με ΗΕΔ E και εσωτερική αντίσταση R, θα έχουμε για την πολική τάση της πηγής:

$$V_{\Delta\Gamma} = E - IR = E - \frac{E}{4R}R = \frac{3}{4}E = \frac{3}{4} \cdot 0,4V = 0,3V$$

Σωστό το β).

β) Η πλευρά ΒΓ, προφανώς αντιμετωπίζεται σαν ένας αντιστάτης, ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα, οπότε:

$$V_{B\Gamma} = IR = \frac{E}{4R}R = \frac{1}{4}E = \frac{1}{4} \cdot 0,4V = 0,1V$$



Σωστό το c).

dmargaris@gmail.com