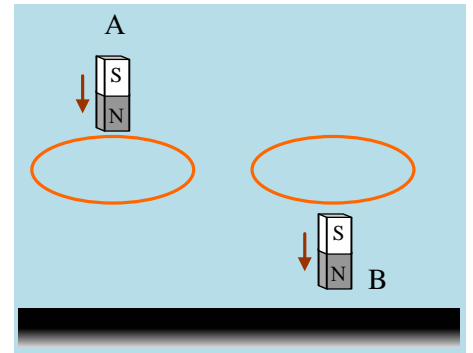


1) Ένας μαγνήτης πέφτει κατακόρυφα, περνώντας μέσα από ένα μεταλλικό κυκλικό δακτύλιο με το επίπεδό του οριζόντιο, όπως στο σχήμα. Ο δακτύλιος συγκρατείται ακίνητος, στη θέση που φαίνεται στο σχήμα.



i) Ο δακτύλιος διαρρέεται από ρεύμα, όταν ο μαγνήτης βρίσκεται:

α) μόνο στη θέση A

β) μόνο στη θέση B

γ) και στις δύο παραπάνω θέσεις

ii) Να σχεδιάσετε την ένταση του ρεύματος (όπου υπάρχει), που διαρρέει το δακτύλιο.

iii) Αν η επιτάχυνση του μαγνήτη στη θέση A είναι  $a_1=0,9g$ , όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας, τότε:

A) Η δύναμη που ασκείται στο μαγνήτη από το μαγνητικό πεδίο του δακτυλίου (η αντίδραση της δύναμης Laplace) έχει μέτρο:

α)  $F_1=0,1mg$ , β)  $F_1=0,9mg$ , γ)  $F_1=1,1mg$ , δ) άλλη τιμή

όπου  $m$  η μάζα του μαγνήτη.

B) η επιτάχυνση του μαγνήτη στη θέση B μπορεί να έχει μέτρο:

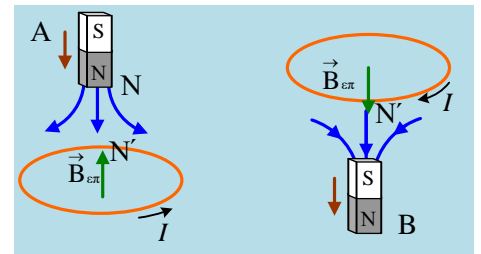
α)  $a_2=0,94g$ , β)  $a_2=g$ , γ)  $a_2=1,06g$ .

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

### Απάντηση.

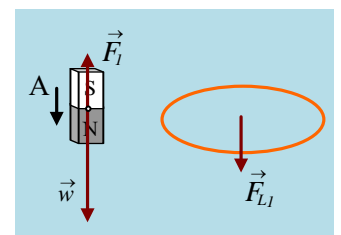
i) Μεταβολή της μαγνητικής ροής έχουμε και στις δύο θέσεις και καθώς πλησιάζει ο μαγνήτης και καθώς απομακρύνεται. Άρα και στις δύο θέσεις του σχήματος, στο δακτύλιο αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Σωστό το γ).

ii) Με βάση τον κανόνα του Lenz το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, που να αντιτίθεται στην αιτία που το δημιουργεί. Στην περίπτωση μας αιτία είναι η κίνηση του μαγνήτη. Έτσι στην A θέση απέναντι από τον Βόρειο πόλο του μαγνήτη που **πλησιάζει**, θα εμφανιστεί ένας βόρειος πόλος  $N'$  του μαγνητικού πεδίου του δακτυλίου. Αλλά για να μπορέσει ο δακτύλιος να δημιουργήσει μαγνητικό πεδίο με φορά προς τα πάνω, θα πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα με φορά όπως στο σχήμα.



Αντίστοιχα στη θέση B, το επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα θα πρέπει να έχει τέτοια φορά, που να αντιστέκεται στην **απομάκρυνση** του μαγνήτη. Αλλά τότε απέναντι από το Νότιο πόλο που απομακρύνεται θα εμφανιστεί Βόρειος πόλος, εξαιτίας του ρεύματος. Αλλά τότε το επαγωγικό ρεύμα θα έχει αντίθετη φορά από προηγούμενα, όπως στο δεξιό σχήμα.

iii) Στη θέση A, ο μαγνήτης απωθείται (ο Βόρειος πόλος του δακτυλίου, απωθεί το Βόρειο πόλο του μαγνήτη), δεχόμενος μια δύναμη  $F_1$ , όπως στο σχήμα. Η αντίδραση της  $F_1$  είναι η δύναμη Laplace που δέχεται ο δακτύλιος, αφού πρόκειται για ένα ρευματοφόρο αγωγό μέσα σε μαγνητικό πεδίο (το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη).



α) Από το 2<sup>ο</sup> νόμο του Νεύτωνα για το μαγνήτη παίρνουμε:

$$\Sigma F = m \cdot a_1 \rightarrow mg - F_1 = m \cdot 0,9g \rightarrow$$

$$F_1 = 0,1mg$$

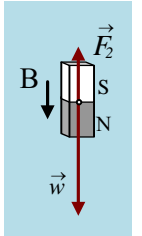
Σωστό το α).

β) Αλλά και στη θέση B, ο μαγνήτης δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο του δακτυλίου με φορά προς τα πάνω (ο Βόρειος πόλος του μαγνητικού πεδίου του δακτυλίου, έλκει το νότιο πόλο του μαγνήτη που απομακρύνεται). Έτσι από το 2<sup>ο</sup> νόμο παίρνουμε:

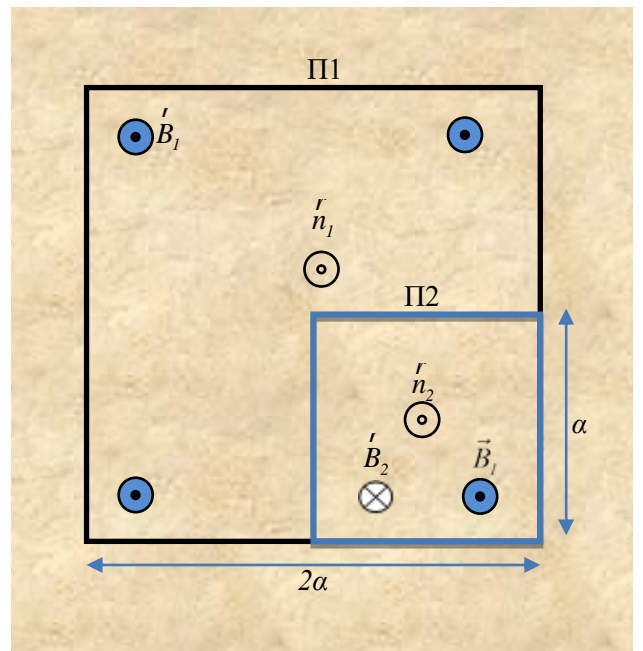
$$\Sigma F = ma_2 \rightarrow mg - F_2 = m \cdot a_2 \rightarrow$$

$$a_2 = g - \frac{F_2}{m} < g$$

Και πάλι δηλαδή έχουμε επιτάχυνση μικρότερη από την επιτάχυνση της βαρύτητας οπότε σωστό το α) δηλαδή  $a_2 = 0,94g$ .



2) Πάνω σε οριζόντιο επίπεδο βρίσκονται δυο τετράγωνα συρμάτινα πλαίσια Π1 και Π2, με πλευρές μήκους  $2a$  και  $a$  αντίστοιχα, φτιαγμένα από το ίδιο σύρμα, ψεκασμένα με μονωτικό βερνίκι. Τα τοποθετούμε όπως στο σχήμα, με το Π2 εντός του Π1 και εφαπτόμενο με αυτό σε δύο πλευρές. Φροντίζουμε να δημιουργήσουμε δύο ομογενή μαγνητικά πεδία έντασης  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$ , με διεύθυνση κατακόρυφη, που έχουν μέτρα χρονικά μεταβαλλόμενα σύμφωνα με τις σχέσεις  $B_1 = kt$  και  $B_2 = \lambda t$  με  $k > \lambda > 0$ . Το μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_1$  εκτείνεται σε όλο το χώρο με φορά προς τα πάνω, ενώ το μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}_2$  περιορίζεται στο χώρο του πλαισίου Π2 και έχει φορά προς τα κάτω.



i) Οι ΗΕΔ επαγωγής που αναπτύσσονται στα πλαίσια έχουν λόγο

$$\frac{E_1}{E_2}$$

α)  $-\frac{4k-\lambda}{k-\lambda}$     β)  $\frac{4k-\lambda}{k-\lambda}$     γ)  $\frac{k-4\lambda}{k-\lambda}$

ii) Οι εντάσεις των αντίστοιχων επαγωγικών ρευμάτων έχουν λόγο  $\frac{I_1}{I_2}$

α)  $I$     β)  $-\frac{4k-\lambda}{2(k-\lambda)}$     γ)  $\frac{4k-\lambda}{2(k-\lambda)}$

iii) Η φορά του επαγωγικού ρεύματος στο Π2 είναι

α) ωρολογιακή    β) αντιωρολογιακή

## Απάντηση

i) Θεωρούμε τα κάθετα στις επιφάνειες διανύσματα  $\vec{h}_1$  και  $\vec{h}_2$  (που προσανατολίζουν τις επιφάνειες των πλαισίων Π1 και Π2 στο μαγνητικό πεδίο), με φορά προς τον αναγνώστη.

Στο Π1 από όλη την επιφάνειά του, διέρχεται μαγνητική ροή που οφείλεται στο πεδίο  $\vec{B}_1$  ενώ από το τμήμα του, που αλληλεπικαλύπτεται με το Π2, διέρχεται μαγνητική ροή που οφείλεται στο πεδίο  $\vec{B}_2$ . Τότε:

$$\Phi_{\Pi 1} = \Phi_{\Pi 1(1)} + \Phi_{\Pi 1(2)} \Leftrightarrow \Phi_{\Pi 1} = B_1 \cdot S_1 \cdot \sigma\upsilon\nu 0 + B_2 \cdot S_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 180$$

$$\Leftrightarrow \Phi_{\Pi 1} = k \cdot t \cdot 4a^2 - \lambda \cdot t \cdot a^2 \Leftrightarrow \Phi_{\Pi 1} = (4k - \lambda) \cdot \alpha^2 \cdot t \quad (1)$$

Η ΗΕΔ επαγωγής που αναπτύσσεται θα είναι  $E_1 = -\frac{d\Phi_{\Pi 1}}{dt} \xrightarrow{(1)} E_1 = -\frac{d[(4k - \lambda) \cdot \alpha^2 \cdot t]}{dt} \Leftrightarrow E_1 = -(4k - \lambda) \cdot \alpha^2 \quad (2)$

Στο Π2 από όλη την επιφάνειά του, διέρχεται μαγνητική ροή που οφείλεται στο πεδίο  $\vec{B}_1$  και στο πεδίο  $\vec{B}_2$ . Τότε:

$$\Phi_{\Pi 2} = \Phi_{\Pi 2(1)} + \Phi_{\Pi 2(2)} \Leftrightarrow \Phi_{\Pi 2} = B_1 \cdot S_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 0 + B_2 \cdot S_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 180$$

$$\Leftrightarrow \Phi_{\Pi 2} = k \cdot t \cdot \alpha^2 - \lambda \cdot t \cdot \alpha^2 \Leftrightarrow \Phi_{\Pi 2} = (k - \lambda) \cdot \alpha^2 \cdot t \quad (3)$$

Η ΗΕΔ επαγωγής που αναπτύσσεται θα είναι

$$E_2 = -\frac{d\Phi_{\Pi 2}}{dt} \xrightarrow{(3)} E_2 = -\frac{d[(k - \lambda) \cdot \alpha^2 \cdot t]}{dt} \Leftrightarrow E_2 = -(k - \lambda) \cdot \alpha^2 \quad (4)$$

Διαιρούμε κατά μέλη τις (2), (4)

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{-(4k - \lambda) \cdot \alpha^2}{-(k - \lambda) \cdot \alpha^2} \Leftrightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{4k - \lambda}{k - \lambda}$$

Δηλαδή **σωστή απάντηση**  $\rightarrow \beta$

ii) Αν  $S$  το εμβαδόν της διατομής του σύρματος κάθε πλαισίου και θεωρώντας ότι έχουν την ίδια θερμοκρασία, η αντίσταση του πλαισίου Π1 είναι

$$R_1 = \rho \frac{L_1}{S} \Leftrightarrow R_1 = \rho \frac{4 \cdot 2\alpha}{S} \Leftrightarrow R_1 = \frac{8\rho\alpha}{S} \quad (5)$$

ενώ του πλαισίου Π2

$$R_2 = \rho \frac{L_2}{S} \Leftrightarrow R_2 = \rho \frac{4 \cdot \alpha}{S} \Leftrightarrow R_2 = \frac{4\rho\alpha}{S} \xrightarrow{(5)} R_2 = \frac{1}{2} R_1$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{2} \quad (6)$$

Τα αντίστοιχα επαγωγικά ρεύματα θα έχουν λόγο

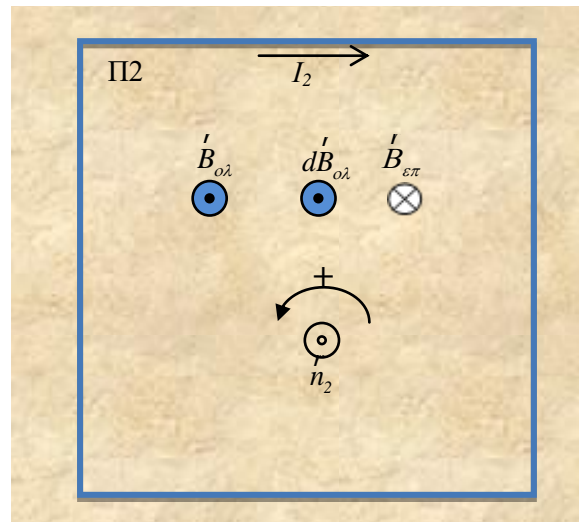
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{E_1}{R_1}}{\frac{E_2}{R_2}} \Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{E_1 \cdot R_2}{E_2 \cdot R_1} \xrightarrow{(6)} \frac{I_1}{I_2} = \frac{4k - \lambda}{k - \lambda} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{4k - \lambda}{2(k - \lambda)}$$

Δηλαδή **σωστή απάντηση**  $\rightarrow \gamma$

iii) Η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε ένα οποιοδήποτε σημείο του πλαισίου Π2 θα έχει μέτρο

$B_{ολ} = B_1 - B_2 = (k - \lambda) \cdot t$  και φορά προς τον αναγνώστη. Όπως φαίνεται από την εξίσωση (3) στο Π2 η μαγνητική ροή αυξάνεται,



άρα σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το μαγνητικό πεδίο  $\vec{h}_2$  του επαγωγικού ρεύματος θα αντιστέκεται σε αυτή την αύξηση, άρα θα είναι αντίρροπο του  $d\vec{B}_{oz}$  και του  $\vec{B}_{oz}$ . Το επαγωγικό ρεύμα τότε θα έχει φορά ωρολογιακή, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Ένας δεύτερος τρόπος να το σκεφτούμε είναι αν παρατηρήσουμε ότι η επιλογή του καθέτου διανύσματος  $\vec{h}_2$  προς εμάς, με τον κανόνα του δεξιού χεριού, κάνει θετική την αντιωρολογιακή φορά διαγραφής του βρόγχου Π2.

Αφού  $E_2 < 0 \rightarrow I_2 < 0$ , η φορά του ρεύματος θα είναι αντίθετη της θετικής, δηλαδή ωρολογιακή. Δηλαδή **σωστή απάντηση  $\rightarrow \alpha$**

**3)** Ένα σωληνοειδές πηνίο έχει ακτίνα σπειρών  $a$  και διαρρέεται από ρεύμα μεταβλητής έντασης. Δύο ομόκεντροι και ομοεπίπεδοι δακτύλιοι, με ακτίνες  $r_1$  και  $r_2$  ( $r_1 \neq r_2$ ) που έχουν την ίδια αντίσταση ανά μονάδα μήκους, βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του πηνίου έτσι ώστε το κέντρο τους να είναι πάνω στον άξονα του πηνίου και το επίπεδό τους κάθετο στον άξονα του πηνίου. Αν η ακτίνα  $r_2$  είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα των σπειρών του πηνίου, παρατηρούμε ότι οι δύο δακτύλιοι διαρρέονται από ρεύμα ίδιας έντασης. Για την ακτίνα των σπειρών του πηνίου ισχύει:

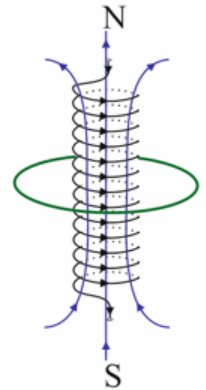
**α.**  $a = (r_1 + r_2)/2$

**β.**  $a = (r_1 + r_2)/r_1 r_2$

**γ.**  $a = \sqrt{r_1 r_2}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Θεωρείστε πολύ αραιές τις Δ.Γ. στο εξωτερικό του πηνίου



**Απάντηση**

Σωστό είναι το γ.

**Αιτιολόγηση**

Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον εσωτερικό δακτύλιο ακτίνας  $r_1$  είναι:

$$\Phi_1 = B\pi r_1^2$$

Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον εξωτερικό δακτύλιο ακτίνας  $r_2$  είναι όση διέρχεται και από μια σπείρα του πηνίου.

$$\Phi_2 = B\pi a^2$$

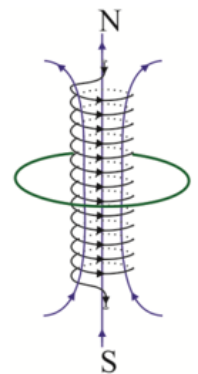
Η επαγωγική ΗΕΔ σε κάθε δακτύλιο είναι:

$$\mathcal{E}_{επ} = \frac{d\Phi}{dt} = S \frac{dB}{dt}$$

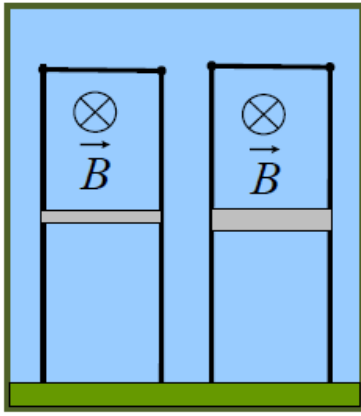
Οι δύο δακτύλιοι διαρρέονται από ρεύμα ίδιας έντασης:

$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{\mathcal{E}_{επ1}}{R_1} = \frac{\mathcal{E}_{επ2}}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R \cdot 2\pi r_1} \pi r_1^2 \frac{dB}{dt} = \frac{1}{R \cdot 2\pi r_2} \pi a^2 \frac{dB}{dt} \Rightarrow$$

$$r_1 = \frac{a^2}{r_2} \Rightarrow a = \sqrt{r_1 r_2}$$



4)



Από την ίδια θέση, μέσα στο ίδιο οριζόντιο μαγνητικό πεδίο, αφήνονται να πέσουν δύο ράβδοι από αλουμίνιο.

Έχουν ίδια μήκη, όμως η μία έχει διπλάσια διατομή από την άλλη.

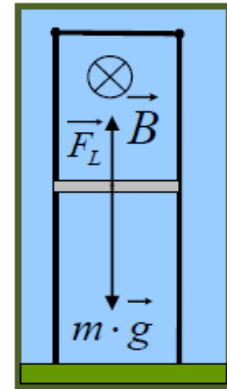
Ολισθαίνουν χωρίς τριβές σε κατακόρυφους μεταλλικούς οδηγούς οι οποίοι έχουν αμελητέες αντιστάσεις.

Θα φτάσει κάποια από τις δύο ταυτόχρονα στο έδαφος ή θα φτάσουν ταυτόχρονα;

### Απάντηση:

$$F_L = B \cdot I \cdot \ell = B \cdot \frac{E_{\text{α}}}{R} \cdot \ell = B \cdot \frac{\left| \frac{d\Phi}{dt} \right|}{R} \cdot \ell = B^2 \cdot \frac{\left| \frac{dx}{dt} \right|}{R} \cdot \ell^2 = \frac{B^2 \cdot \ell^2}{R} \cdot v$$

$$\Rightarrow F_L = \frac{B^2 \cdot \ell^2}{\rho \frac{\ell}{S}} \cdot v = \frac{B^2 \cdot \ell \cdot S}{\rho} \cdot v, \text{ όπου } \rho \text{ η ειδική αντίσταση.}$$



Η επιτάχυνση είναι:

$$a = \frac{m \cdot g - F_L}{m} = g - \frac{B^2 \cdot \ell \cdot S}{m \cdot \rho} \cdot v = g - \frac{B^2 \cdot \ell \cdot S}{d \cdot \ell \cdot S \cdot \rho} \cdot v = g - \frac{B^2}{d \cdot \rho} \cdot v, \text{ όπου } d \text{ η πυκνότητα.}$$

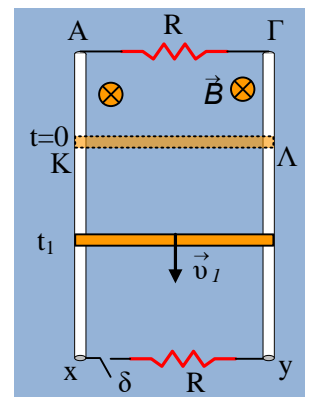
Στην αρχή οι ράβδοι έχουν ίδιες επιταχύνσεις (ίσες με g). Αποκτούν ταυτόχρονα ίδιες ταχύτητες, συνεχίζουν να έχουν ίδιες επιταχύνσεις και φτάνουν μαζί στο έδαφος.

### Παρατήρηση:

Η σχέση  $a = g - \frac{B^2}{d \cdot \rho} \cdot v$  δηλώνει ότι η επιτάχυνση εξαρτάται από το υλικό της ράβδου και όχι το μήκος ή την διατομή της. Έτσι ράβδοι από ίδιο υλικό πέφτουν ταυτόχρονα, ανεξαρτήτως διαστάσεων.

5) 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, τότε 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  $v_1$ .

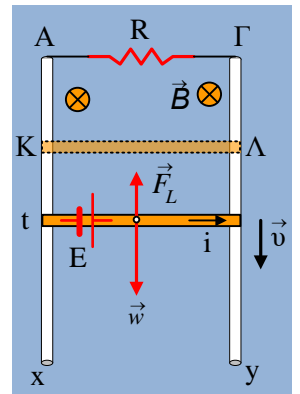


Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις αυτές ως σωστές ή λανθασμένες, δικαιολογώντας αναλυτικά τις απαντήσεις σας

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

### Απάντηση:

i) Μόλις αφεθεί 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:

$$R_{o\lambda} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}$$

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

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

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

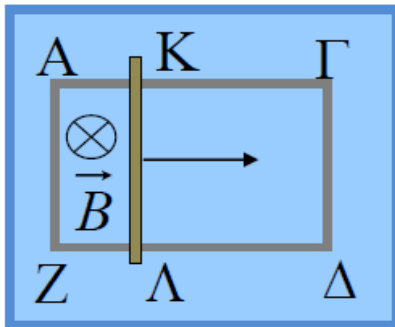
η επιτάχυνση και ο αγωγός θα αποκτήσει μια νέα οριακή ταχύτητα, η οποία θα υπακούει στην εξίσωση (1), όπου R θα έχουμε  $R_{ολ} = R/2$ , οπότε και:

$$v_2 = v_{ορ2} = \frac{mgR/2}{B^2 \ell^2} = \frac{1}{2} v_1$$

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

Η iii) πρόταση είναι λανθασμένη.

6)



Το επίπεδο του αγωγίσιμου παραλληλόγραμμου πλαισίου είναι κάθετο στο ομογενές μαγνητικό πεδίο.

Το σύρμα έχει το ίδιο πάχος, έτσι η αντίσταση ενός κομματιού του είναι ανάλογη του μήκους του κομματιού.

Ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα, παραμένοντας συνεχώς κάθετος στην ΑΓ. Την χρονική στιγμή μηδέν ο αγωγός είναι πάνω στην ΑΖ.

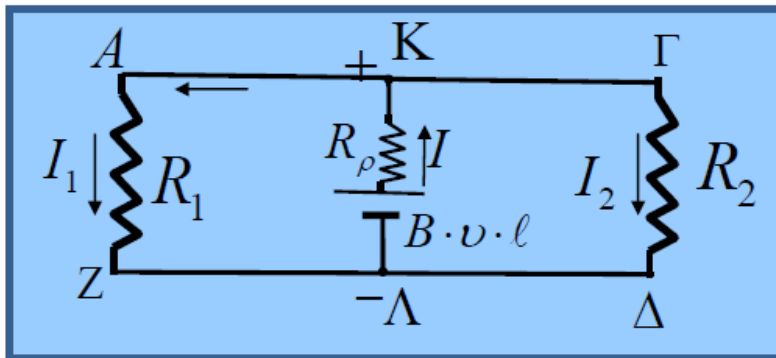
Σε ποια θέση του αγωγού το ρεύμα που τον διαρρέει είναι ελάχιστο;

### Απάντηση:

Στον αγωγό αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή μέτρου:

$$|E_{\sigma}| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = B \cdot \frac{dS}{dt} = B \cdot \ell \cdot \frac{dx}{dt} = B \cdot \ell \cdot v$$

Το ισοδύναμο κύκλωμα είναι:



Η ένταση του ρεύματος είναι:

$$I = \frac{E_{\sigma}}{R_{ολ}} = \frac{B \cdot v \cdot \ell}{R_{\rho} + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

Ας δούμε τον παρονομαστή.

Η αντίσταση  $R_{\rho}$  της ράβδου είναι δεδομένη.

Το άθροισμα  $R_1 + R_2$  δεν είναι παρά η ολική αντίσταση του πλαισίου. Δηλαδή έχει δεδομένη τιμή.

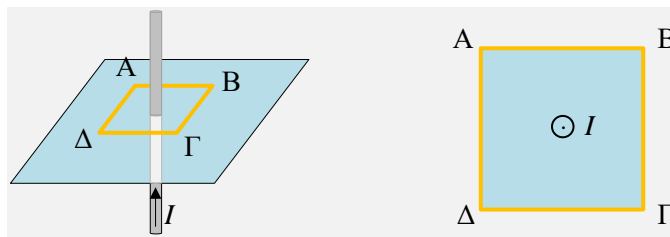
Οι όροι  $R_1$  και  $R_2$  έχουν σταθερό άθροισμα. Το γινόμενο  $R_1 \cdot R_2$  γίνεται μέγιστο όταν εξισωθούν. Δηλαδή όταν το Κ φτάσει στο μέσον της πλευράς ΑΓ. Αυτό θα γίνει σε χρόνο ίσο με τον μισό χρόνο που απαιτείται για να διασχίσει ο αγωγός την ΑΓ.

Η ελαχιστοποίηση του ρεύματος συνεπάγεται την μεγιστοποίηση της  $V_{ΚΛ}$ .

Τούτο διότι:

$$V_{ΚΛ} = B \cdot v \cdot \ell - I \cdot R_{\rho}$$

7) Ένας κατακόρυφος ευθύγραμμος αγωγός, μεγάλου μήκους, διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ , περνώντας από το κέντρο ενός οριζοντίου τετράγωνου αγωγίμου πλαισίου  $AB\Gamma\Delta$ , όπως στο σχήμα (στο δεύτερο σχήμα η ίδια εικόνα σε κάτοψη).



Αν αρχίσουμε να αυξάνουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό, τότε το τετράγωνο πλαίσιο:

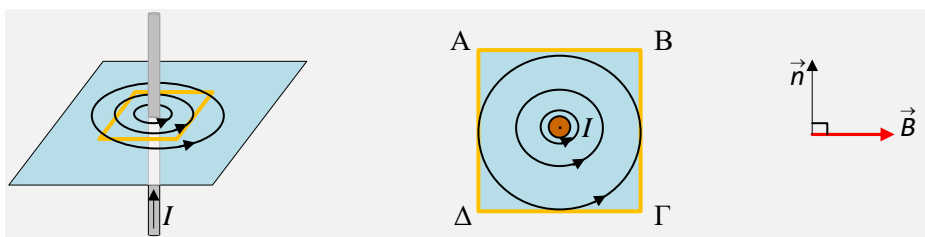
- i) Θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το A στο B.
- ii) Θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το B στο A.
- iii) Δεν θα εμφανιστεί ηλεκτρικό ρεύμα στο αγωγίμο τετράγωνο πλαίσιο.

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

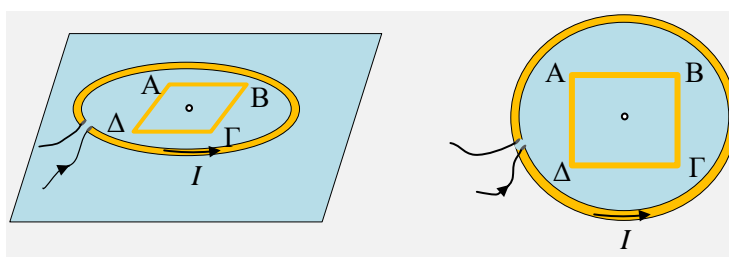
Σωστή πρόταση η iii). Δεν θα εμφανιστεί ηλεκτρικό ρεύμα στο τετράγωνο πλαίσιο. Γιατί;

Ο ευθύγραμμος αγωγός δημιουργεί γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο με δυναμικές γραμμές ομόκεντρους κύκλους, σε κάθετο επίπεδο, οπότε εδώ πάνω στο οριζόντιο επίπεδο που βρίσκεται και το τετράγωνο πλαίσιο.



Αλλά τότε η μαγνητική ροή που περνά από το πλαίσιο, είναι μηδενική, αφού η γωνία μεταξύ της κάθετης στο πλαίσιο και της έντασης του πεδίου είναι  $90^\circ$ . Οπότε όσο και να μεταβληθεί η ένταση του ρεύματος, δεν πρόκειται να υπάρξει καμιά μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο, η οποία θα παραμείνει μηδενική και δεν θα υπάρξει καμιά ΗΕΔ από επαγωγή.

8) Ένας οριζόντιος κυκλικός αγωγός, διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ , ενώ το κέντρο του συμπίπτει με το κέντρο ενός οριζοντίου τετράγωνου αγωγίμου πλαισίου  $AB\Gamma\Delta$ , όπως στο σχήμα (στο δεύτερο σχήμα η ίδια εικόνα σε κάτοψη).



Αν αρχίσουμε να αυξάνουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό, τότε το τετράγωνο πλαίσιο:

- i) Θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το A στο B.



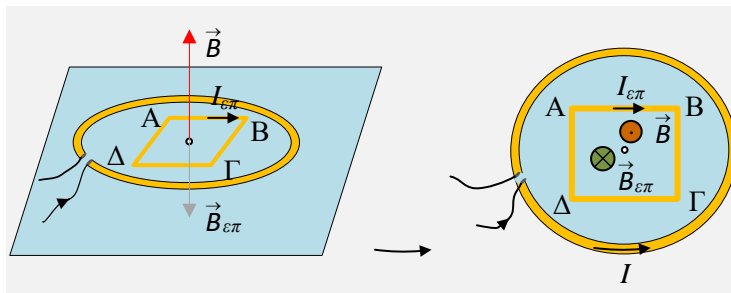
ii) Θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Β στο Α.

iii) Δεν θα εμφανιστεί ηλεκτρικό ρεύμα στο αγώγιμο τετράγωνο πλαίσιο.

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### Απάντηση:

1) Σωστό το i). Το τετράγωνο πλαίσιο θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Α στο Β.



Το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό, δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδό του και στο σχήμα έχουμε σχεδιάσει την ένταση του πεδίου στο κέντρο του κύκλου, να έχει φορά προς τα πάνω.

Αλλά τότε αν αυξηθεί η ένταση του ρεύματος, θα αυξηθεί και η ένταση του πεδίου B με αποτέλεσμα να αυξηθεί και η μαγνητική ροή που περνά από το τετράγωνο πλαίσιο. Αυτό θα προκαλέσει εμφάνιση ΗΕΔ από επαγωγή στο πλαίσιο και ηλεκτρικό ρεύμα λόγω επαγωγής, το οποίο σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, θα έχει τέτοια φορά ώστε να αντισταθεί στην αιτία που το προκαλεί, δηλαδή να αντισταθεί στην αύξηση της μαγνητικής ροής. Αυτό θα το κάνει, αν εμφανιστεί ρεύμα  $I_{\epsilon\pi}$  με φορά από το Α στο Β, οπότε έτσι το τετράγωνο πλαίσιο θα δημιουργήσει μαγνητικό πεδίο με ένταση  $B_{\epsilon\pi}$  αντίθετης κατεύθυνσης του B του κυκλικού αγωγού.

9. Μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο έντασης B τοποθετούμε ένα κύβο ακμής α ώστε η μία έδρα του κύβου να είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές. Η ολική μαγνητική ροή που θα διέρχεται από αυτή την επιφάνεια του κύβου είναι:

α.  $2B\alpha^2$

β.  $6B\alpha^2$

β. 0

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

### Απάντηση:

Σωστό είναι το γ.

### Αιτιολόγηση

Ο αριθμός των δυναμικών γραμμών που εισέρχονται στον κύβο είναι ίσος με τον αριθμό των δυναμικών γραμμών που εξέρχονται. Επομένως η ολική μαγνητική ροή που διέρχεται από τη σφαίρα είναι μηδέν.

$$\Phi_{\epsilon\iota\sigma} = -B\alpha^2, \Phi_{\epsilon\xi} = +B\alpha^2$$

$$\Phi_{o\lambda} = 0$$

**10.** Κυκλικό σύρμα εμβαδού  $S$  βρίσκεται με το επίπεδο του κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $B$ . θεωρώντας ότι το κάθετο διάνυσμα έχει την ίδια κατεύθυνση με την ένταση του μαγνητικού πεδίου τότε για να μεταβάλλουμε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από το την επιφάνεια που ορίζει το σύρμα κατά  $BS$  πρέπει:

- Να διπλασιάσουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου
- Να απομακρύνουμε τον κυκλικό αγωγό από το μαγνητικό πεδίο
- Να περιστρέψουμε το επίπεδο του σύρματος κατά  $60^\circ$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το γ.

**Αιτιολόγηση**

Η αρχική μαγνητική ροή είναι :

$$\Phi_{\alpha\rho\chi} = BS$$

$$\Delta\Phi = \Phi_{\tau\epsilon\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi} \Rightarrow BS = \Phi_{\tau\epsilon\lambda} - BS \Rightarrow \Phi_{\tau\epsilon\lambda} = 2BS$$

Αυτό συμβαίνει αν διπλασιάσουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου .

**11.** Πηνίο συνδέεται με βαλλιστικό γαλβανόμετρο. Το κύκλωμα έχει ωμική αντίσταση  $R$ . Εισάγουμε το πηνίο με τον άξονά του παράλληλο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, δύο φορές. Η διάρκεια εισόδου την πρώτη φορά είναι  $\tau$  και τη δεύτερη φορά  $2\tau$ . Αν η επαγόμενη ΗΕΔ και το φορτίο που μετακινείται λόγω του φαινομένου της επαγωγής έχουν αντίστοιχες απόλυτες τιμές  $\mathcal{E}_1, q_1$  και  $\mathcal{E}_2, q_2$ , τότε ισχύει:

α.  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$  και  $q_1 = 2q_2$ .

β.  $\mathcal{E}_1 = 2\mathcal{E}_2$  και  $q_1 = q_2$ .

γ.  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$  και  $q_1 = q_2$ .

δ.  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$  και  $q_1 = q_2/2$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το β.

**Αιτιολόγηση**

Σύμφωνα με το νόμο της επαγωγής η  $\mathcal{E}_{\epsilon\pi}$  δίδεται από τη σχέση:

$$|\mathcal{E}_{\epsilon\pi}| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

Το  $\Delta\Phi$  είναι και στις δύο περιπτώσεις το ίδιο αλλά  $\Delta t_2 = 2\tau = 2\Delta t_1$

$$|\mathcal{E}_{\epsilon\pi 1}| = 2|\mathcal{E}_{\epsilon\pi 2}|$$

Σύμφωνα με τον τύπο του Neumann το επαγωγικό φορτίο δίδεται από τη σχέση:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R}$$

Και θα είναι το ίδιο και στις 2 περιπτώσεις:  $q_1 = q_2$

**12.** Το κύκλωμα του πηνίου είναι ανοιχτό. Μετακι-νούμε το μαγνήτη έτσι ώστε να πλησιάζει προς το πηνίο όπως φαίνεται στο σχήμα . Κατά τη διάρκεια της κίνησης του μαγνήτη προς το ακίνητο πηνίο:

Η τάση μεταξύ των σημείων A και B είναι:

α.  $V_A - V_B = 0$

β.  $V_A - V_B > 0$

γ.  $V_A - V_B < 0$

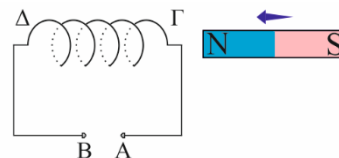
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το β.

**Αιτιολόγηση**

Στο πηνίο εμφανίζεται επαγωγική ΗΕΔ διότι μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από τις σπείρες του, αλλά το κύκλωμα δεν είναι κλειστό , έτσι δεν διαρρέεται από ρεύμα . Με τον κανόνα του Lenz μπορούμε να βρούμε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος και στη συνέχεια να βρούμε την πολικότητα της επαγωγικής ΗΕΔ. Επειδή τώρα δεν έχουμε επαγωγικό ρεύμα για να καθορίσουμε την πολικότητα της επαγωγικής ΗΕΔ θα εξετάσουμε τι θα γινόταν αν το κύκλωμα ήταν κλειστό.

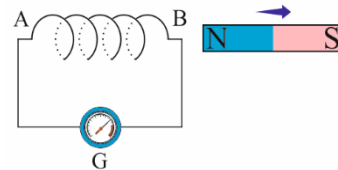


Αν το κύκλωμα ήταν κλειστό το επαγωγικό ρεύμα θα είχε φορά από το Δ προς το Γ ώστε στο άκρο Γ του πηνίου να εμφανιστεί βόριος πόλος και έτσι ο θετικός πόλος της επαγωγικής ΗΕΔ θα ήταν στο Γ, άρα:  $V_{\Gamma} > V_{\Delta}$

Όταν το κύκλωμα είναι ανοιχτό τότε  $V_{\Gamma} = V_A$  και  $V_{\Delta} = V_B$

$$V_A > V_B$$

**13.** Στη διάταξη του διπλανού σχήματος το πηνίο και το γαλβανόμετρο αποτελούν κλειστό κύκλωμα. Όταν απομακρύνουμε τον μαγνήτη από το ακίνητο πηνίο τότε κατά την διάρκεια της κίνησης του μαγνήτη το πηνίο.



α. διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά από το σημείο Α προς το Β.

β. διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά από το σημείο Β προς το Α.

γ. δεν διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το β.

**Αιτιολόγηση**

Θα έχουμε φαινόμενο επαγωγής και έτσι το κύκλωμα θα διαρρέεται από ρεύμα. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το επαγωγικό ρεύμα θα έχει τέτοια φορά ώστε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί να αντιστέκεται στην κίνηση του μαγνήτη. Το σωληνοειδές θα συμπεριφέρεται σαν μαγνήτης που το άκρο του Β αντιστοιχεί σε νότιο πόλο. Άρα η φορά του ρεύματος στο πηνίο είναι από το Β προς το Α

**14.** Αγώγιμο πλαίσιο εμβαδού  $S$  αποτελείται από  $N$  σπείρες που κάθε μία έχει αντίσταση  $R$  βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  που είναι κάθετη στο επίπεδο του πλαισίου. Στα άκρα του πλαισίου έχουμε συνδέσει γαλβανόμετρο αμελητέας αντίστασης. Μετακινούμε το πλαίσιο ώστε σε χρόνο  $\Delta t$  να βρεθεί εκτός μαγνητικού πεδίου. Το φορτίο που θα περάσει μέσα από το γαλβανόμετρο λόγω φαινομένου επαγωγής είναι:

$$\alpha. q = N \frac{BS}{R}$$

$$\beta. q = \frac{BS}{R}$$

$$\gamma. N^2 \frac{BS}{R}$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το α.

**Αιτιολόγηση**

Η αρχική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πλαισίου είναι:

$$\Phi_{\alpha\rho\chi} = BS$$

Η τελική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πλαισίου είναι:

$$\Phi_{\tau\epsilon\lambda} = 0$$

$$\Delta\Phi = 0 - BS = -BS$$

Από τον τύπο του Neumann

$$q = -N \frac{\Delta\Phi}{R_{ολ}} = -N \frac{-BS}{NR} = \frac{BS}{R}$$

**15.** Ένας χάλκινος δακτύλιος ακτίνας  $a$  και αντίστασης  $R$  βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες στο επίπεδο του δακτυλίου. Περιστρέφουμε το δακτύλιο γύρω από μία διάμετρο του κατά  $180^\circ$ . Το φορτίο που πέρασε από μία διατομή του δακτυλίου είναι:

$$\alpha. \frac{B\pi a^2}{R}$$

$$\beta. 2 \frac{B\pi a^2}{R}$$

Γ. μηδέν

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το β.

**Αιτιολόγηση**

Θα υπολογίσω την απόλυτη τιμή του φορτίου, υπολογίζοντας τα φορτία που μετακινούνται στα χρονικά διαστήματα που η μεταβολή της ροής έχει ίδιο πρόσημο. Έτσι έχουμε περισσότερη πληροφορία

Για τη στροφή  $0$  έως  $90^\circ$  η μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι :

$$\Delta\Phi = BS - 0 = BS$$

Και το φορτίο που μετακινείται είναι:

$$q_1 = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BS}{R} \Rightarrow |q_1| = \frac{|\Delta\Phi|}{R} = \frac{BS}{R} \quad (1)$$

Για τη στροφή 90 έως 180η μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι :

$$\Delta\Phi = 0 - BS = -BS \quad \text{ή} \quad \Delta\Phi = 0 - (-BS) = BS$$

Και το φορτίο που μετακινείται είναι:

$$q_2 = \frac{\Delta\Phi}{R} = -\frac{BS}{R} \Rightarrow |q_2| = \frac{|\Delta\Phi|}{R} = \frac{BS}{R} \quad (2)$$

Τα φορτία  $q_1$  ,  $q_2$  που μετακινήθηκαν είναι αντίθετα και αυτό δηλώνει πως και στα δύο χρονικά διαστήματα μετακινήθηκε το ίδιο φορτίο αλλά κινήθηκε αντίθετα.

Άρα είναι :

$$q = q_1 + q_2 = 0$$

Θα μπορούσε κανείς να βρεί το ίδιο με τον τύπο

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{0 - 0}{R} = 0$$

Αλλά αυτός ο τρόπος δεν δίνει καμιά πληροφορία οπότε είναι προτιμότερο να υπολογίζουμε το  $|q|$  ως άθροισμα

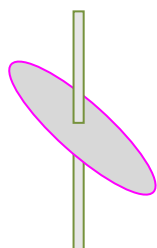
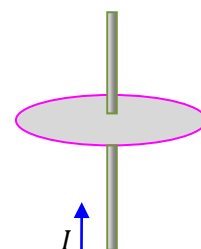
$$|q| = |q_1| + |q_2|$$

Έτσι έχουμε:

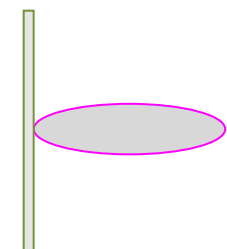
$$|q| = 2 \frac{BS}{R} = 2 \frac{B\pi a^2}{R}$$

**16.** Ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από συνεχές σταθερό ρεύμα έντασης  $I$  . Ο κυκλικός αγωγός του σχήματος έχει ακτίνα  $a$  , το κέντρο του βρίσκεται στον ευθύγραμμο αγωγό και το επίπεδο του είναι κάθετο σε αυτόν , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

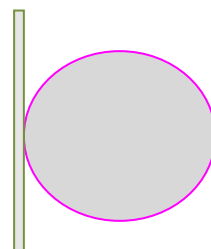
Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον κυκλικό αγωγό θα μεταβληθεί αν:



(α)



(β)



(γ)

α. Αν περιστρέψουμε τον αγωγό γύρω από μία διάμετρο του κατά γωνία  $60^\circ$  (α)

β. Αν μετακινήσουμε τον κυκλικό αγωγό πάνω στο επίπεδο του κατά α σχήμα(β)

γ. Αν μετακινήσουμε τον κυκλικό αγωγό πάνω στο επίπεδο του κατά α και στη συνέχεια τον περιστρέψουμε κατά  $90^\circ$  σχήμα (γ)

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το γ.

**Αιτιολόγηση**

Η αρχική μαγνητική ροή που διέρχεται από τον κυκλικό αγωγό είναι μηδέν διότι το επίπεδο του δακτυλίου είναι παράλληλο στα επίπεδα των Δ.Γ. ή οι Δ.Γ δεν διαπερνούν τον κυκλικό αγωγό.

Στη θέση (β) είναι πάλι  $\Phi = 0$  διότι ο κυκλικός αγωγός παραμένει στο αρχικό του επίπεδο.

Στη θέση (α) λόγω συμμετρίας η μαγνητική ροή στο μισό δακτύλιο είναι αντίθετη της ροής στον άλλο μισό δακτύλιο

Στη θέση Γ η μαγνητική ροή που διέρχεται από το δακτύλιο είναι διάφορη του μηδενός . Η ροή που διέρχεται από το αριστερό μισό του δακτυλίου είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη μαγνητική ροή που διέρχεται από το δεξιό μισό του δακτυλίου.

**17.** Τετράγωνο πλαίσιο ΑΓΔΖ πλευράς  $\alpha$  είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές δύο μαγνητικών πεδίων που έχουν αντίθετες εντάσεις  $\vec{B}_1 = \vec{B}$  και  $\vec{B}_2 = -\vec{B}$  όπως φαίνεται στο σχήμα και είναι  $AK = \Gamma\Lambda = \alpha/3$ . Αν μετακινήσουμε το πλαίσιο κατά  $\alpha/3$  προς τα δεξιά τότε το επαγωγικό φορτίο είναι  $q_1$ , ενώ αν το μετακινήσουμε κατά  $\alpha/3$  προς τα αριστερά το επαγωγικό φορτίο είναι  $q_2$ . Για τα επαγωγικά φορτία  $q_1$  και  $q_2$  ισχύει:

$$\alpha. q_1 = -\frac{2}{3}q_2 \quad \beta. q_1 = -2q_2 \quad \gamma. q_1 = -q_2$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το  $\gamma$ .

**Αιτιολόγηση**

Η αρχική μαγνητική ροή είναι :

$$\Phi_0 = B \cdot \alpha \cdot \frac{\alpha}{3} - B \cdot \alpha \cdot \frac{2\alpha}{3} = -\frac{B \cdot \alpha^2}{3}$$

Όταν μετακινήσουμε το πλαίσιο προς τα δεξιά η τελική μαγνητική ροή θα γίνει  $\Phi_1$

$$\Phi_1 = -B \cdot \alpha^2$$

Και η μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι  $\Delta\Phi_1$

$$\Delta\Phi_1 = \Phi_1 - \Phi_0 = -2 \frac{B \cdot \alpha^2}{3}$$

$$q_1 = -\frac{\Delta\Phi_1}{R} = \frac{B \cdot \alpha^2}{3R} \quad (1)$$

Όταν μετακινήσουμε το πλαίσιο προς τα αριστερά η τελική μαγνητική ροή θα γίνει  $\Phi_2$

$$\Phi_2 = B \cdot \alpha \cdot \frac{2\alpha}{3} - B \cdot \alpha \cdot \frac{\alpha}{3} = B \cdot \frac{\alpha^2}{3}$$

Και η μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι  $\Delta\Phi_2$

$$\Delta\Phi_2 = \Phi_2 - \Phi_0 = B \cdot \frac{\alpha^2}{3} - \left(-\frac{B \cdot \alpha^2}{3}\right) = 2 \frac{B \cdot \alpha^2}{3}$$

$$q_2 = -\frac{\Delta\Phi_2}{R} = -2 \frac{B \cdot \alpha^2}{3R} \quad (2)$$

Από (1) και (2) προκύπτει :  $q_2 = -q_1$

**18.** Ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος  $l$  και αντίσταση  $R$  είναι κάθετος σε μεταλλικούς αγωγούς Αx και Γy οι οποίοι έχουν ασημαντη αντίσταση και τα άκρα τους Α και Γ που απέχουν  $d = l$  συνδέονται με σύρμα ΑΓ που έχει αντίσταση  $R$ . Για να κινείται ο αγωγός ΚΛ με σταθερή ταχύτητα ασκούμε στο μέσον σταθερή δύναμη  $F$ . Η τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ είναι

$$\alpha. \frac{FR}{Bl} \quad \beta. \frac{1}{2} \frac{FR}{Bl} \quad \gamma. \frac{1}{4} \frac{FR}{Bl}$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το  $\alpha$ .

**Αιτιολόγηση**

Στον αγωγό ΚΛ εμφανίζεται επαγωγική ΗΕΔ

$$\mathcal{E}_{επ} = Bvl$$

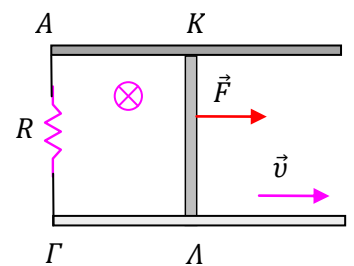
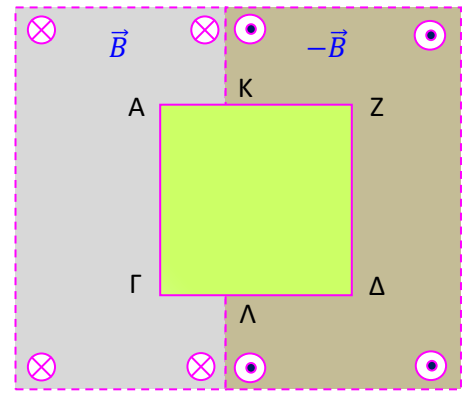
Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και ο αγωγός δέχεται δύναμη Laplace

$$I = \frac{Bvl}{2R}$$

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F = F_L \Rightarrow F = Bil \Rightarrow I = \frac{F}{Bl}$$

Η τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ είναι ίση με την τάση στα άκρα Α, Γ του σύρματος

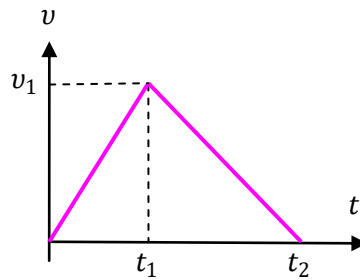
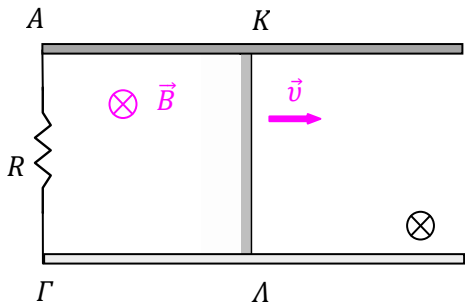
$$V_{ΚΛ} = V_{ΑΓ} = IR = \frac{FR}{Bl}$$





$$V_{K\Lambda} = V_R = IR = \frac{Fl}{Bl}$$

21. Τα σύρματα Αx και Γy τα οποία είναι παράλληλα και κάθετα στο επίπεδο τους υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B. Ο αγωγός ΚΛ που είναι κάθετος στα σύρματα και μετακινείται έτσι ώστε η ταχύτητα του να μεταβάλλεται



όπως δείχνει το διάγραμμα του σχήματος. Η αρχική ροή που διέρχεται από το κύκλωμα είναι  $BS_0$  όπου  $S_0$  το αρχικό εμβαδόν του πλαισίου.

- α. Τη στιγμή  $t_1$  είναι  $\Phi = \max$  και  $|\mathcal{E}_{επ}| = \max$
- β. Τη στιγμή  $t_2$  είναι  $\Phi = 0$  και  $|\mathcal{E}_{επ}| = \max$

γ. Τη στιγμή  $t_2$  είναι  $\Phi = \max$  και  $|\mathcal{E}_{επ}| = 0$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

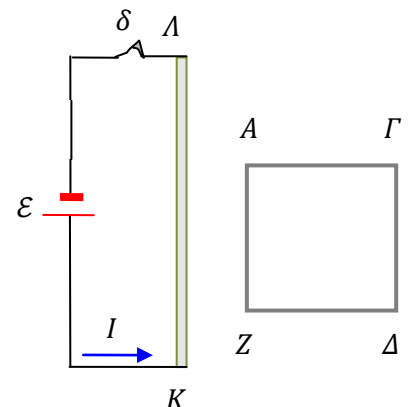
Στο Α σωστό είναι το γ και στο Β σωστό είναι το γ

**Αιτιολόγηση**

Η ταχύτητα του αγωγού είναι συνέχεια θετική έτσι το εμβαδόν του πλαισίου αυξάνει συνέχεια μέχρι τη στιγμή  $t_2$  που η μαγνητική ροή γίνεται μέγιστη

Τη στιγμή  $t_2$  η ταχύτητα του αγωγού ΚΛ είναι μηδέν και άρα  $\mathcal{E}_{επ} = 0$

22. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ και τετράγωνο πλαίσιο ΑΓΔΖ πλευράς α βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο το οποίο είναι λείο, έτσι ώστε ο αγωγός ΚΛ να είναι παράλληλος στις πλευρές ΑΖ και ΓΔ. Ο αγωγός ΚΛ συνδέεται μέσω διακόπτη με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής η οποία έχει ΗΕΔ  $\mathcal{E}$ . Αν κάποια στιγμή κλείσουμε το διακόπτη το πλαίσιο ο ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από συνεχές ρεύμα του οποίου η ένταση αυξάνει με την πάροδο του χρόνου όπως δείχνει το παρακάτω διάγραμμα.



Α. Μετά το κλείσιμο του διακόπτη δ το τετράγωνο πλαίσιο

- α. Θα κινηθεί ώστε να πλησιάζει τον αγωγό
- β. Θα κινηθεί ώστε να απομακρύνεται από τον αγωγό
- γ. Θα παραμείνει ακίνητο.

Β. Το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ είναι:

- α. Ομόρροπο με το ρεύμα στο τμήμα ΑΖ του πλαισίου
- β. Αντίρροπο με το ρεύμα στο τμήμα ΓΔ του πλαισίου
- γ. Αντίρροπο με το ρεύμα στο τμήμα ΑΖ του πλαισίου

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Στο Α σωστό είναι το β και στο Β σωστό είναι το γ

**Αιτιολόγηση**

Α. Με το κλείσιμο του διακόπτη ρεύμα στο κύκλωμα του αγωγού ΚΛ αυξάνει αρχίζοντας από την τιμή μηδέν.

Για το χρονικό διάστημα που αυξάνει το ρεύμα, ώσπου να σταθεροποιηθεί αυξάνει η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται γύρω από τον αγωγό, έτσι αυξάνει και η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο.

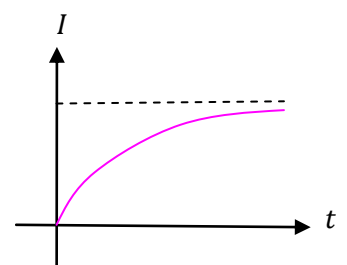
Στο πλαίσιο θα αναπτυχθεί επαγωγική ΗΕΔ οπότε θα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα  $I_{επ}$ . Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το πλαίσιο θα κινηθεί έτσι ώστε να αντιστέκεται στην αύξηση της μαγνητικής ροής δηλαδή θα κινηθεί έτσι ώστε να απομακρύνεται από τον αγωγό ΚΛ

Επειδή το πλαίσιο ήταν αρχικά ακίνητο θα κινηθεί προς την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης. Άρα η συνισταμένη των δυνάμεων Laplace θα έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά.

Οι δυνάμεις στις πλευρές ΑΓ και ΔΖ εξουδετερώνονται έτσι η συνισταμένη δύναμη θα είναι :

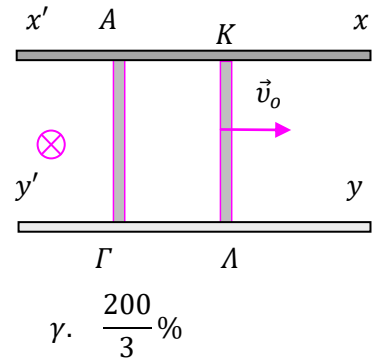
$$F = F_{AZ} - F_{\Gamma\Delta}$$

$$F_{AZ} > F_{\Gamma\Delta}$$



Η συνισταμένη δύναμη έχει την κατεύθυνση της  $F_{AZ}$  που έχει μεγαλύτερο μέτρο .  
 Άρα η  $F_{AZ}$  θα έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά δηλαδή η AZ δέχεται απωστική δύναμη  
 Και έτσι τα ρεύματα στους αγωγούς ΚΛ και ΑΖ θα είναι αντίρροπα .

**23.** Δύο οριζόντιοι και παράλληλοι αγωγοί  $x'x, y'y$  βρίσκονται σε λείο οριζόντιο δάπεδο και έχουν μεγάλο μήκος και αμελητέα αντίσταση. Οι αγωγοί ΚΛ και ΜΝ που έχουν μήκος  $l$ , μάζα  $m$  και αντίσταση  $R$  ο καθένας τους είναι κάθετοι στους αγωγούς και μπορούν  $x'x, y'y$  και τα άκρα τους είναι σε επαφή με αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Τη στιγμή  $t_0 = 0$  δίνουμε στον ΚΛ αρχική ταχύτητα  $v_0$  όπως δείχνει το σχήμα. Το ποσοστό της αρχικής κινητικής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική είναι :



α. 100%

β. 50%

γ.  $\frac{200}{3}\%$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Στο Α σωστό είναι το γ και στο Β σωστό είναι το γ

**Αιτιολόγηση**

Η κίνηση του αγωγού ΚΛ συνεπάγεται μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το κύκλωμα, έτσι :  
 εμφανίζεται επαγωγική ΗΕΔ  $\Rightarrow$  Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα

Οι αγωγοί ΚΛ και ΑΓ δέχονται δύναμη Laplace .

Ο ΚΛ δέχεται δύναμη προς τα αριστερά οπότε η φορά του ρεύματος στον ΚΛ θα είναι από το Λ προς το Κ ενώ στον ΑΓ η φορά του ρεύματος θα είναι από το Α προς το Γ και η δύναμη Laplace στον ΑΓ θα είναι προς τα δεξιά.

Οι δυνάμεις Laplace είναι αντίθετες έτσι το σύστημα των δύο αγωγών είναι μονωμένο και θα ισχύει η ΑΔΟ .

Ο ΚΛ επιταχύνεται και ο ΑΓ επιβραδύνεται και τελικά αποκτούν ίδια ταχύτητα  $v_k$ . Στη συνέχεια η μαγνητική ροή μένει σταθερή και οι αγωγοί ΚΛ και ΑΓ κάνουν εοκ.

ΑΔΟ για το σύστημα των 2 αγωγών:

$$mv_0 = 2mv_k \Rightarrow v_k = \frac{v_0}{2}$$

ΑΔΕ:

$$K_{αρχ} = K_{τελ} + W_{ηλ} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 = 2 \cdot \frac{1}{2}mv_k^2 + W_{ηλ} \Rightarrow$$

$$W_{ηλ} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_k^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - 2 \cdot \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{4}mv_0^2 = \frac{1}{4}mv_0^2$$

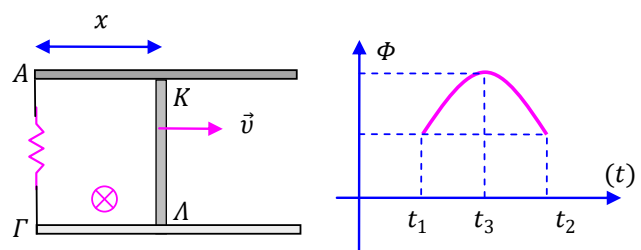
$$W_{ηλ} = \frac{1}{4}mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}K_{αρχ} = 50\% K_{αρχ}$$

**24.** Κατά την κίνηση του αγωγού ΚΛ η μαγνητική ροή που διέρχεται από το κύκλωμα μεταβάλλεται όπως δείχνει το διάγραμμα. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή .

Α. Τη στιγμή  $t_2$  η επαγωγική ΗΕΔ είναι μέγιστη

Β. Το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα έχει συνέχεια την ίδια φορά

Γ. Η δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός ΚΛ είναι μηδέν τη στιγμή  $t_2$



Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Στο Α σωστό είναι το γ και στο Β σωστό είναι το γ

**Αιτιολόγηση**

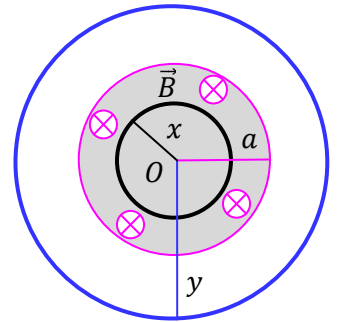
Από το διάγραμμα της ροής βλέπουμε ότι η ροή αυξάνει και στη συνέχεια μικραίνει

Άρα τη στιγμή  $t_2$  αλλάζει η φορά της κίνησης , οπότε τότε θα είναι  $v_2 = 0$

$$\mathcal{E}_{επ(2)} = 0 \Rightarrow I = 0 \Rightarrow F_L = 0$$



**25.** Ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στο επίπεδο του σχεδίου και εκτείνεται σε κυκλική περιοχή ακτίνας  $a$  και κέντρου  $O$  όπως φαίνεται στο σχήμα. Δύο ομόκεντροι και ομοεπίεδοι δακτύλιοι, με ακτίνες  $x$  και  $y$  ( $x < a < y$ ) που έχουν την ίδια αντίσταση ανά μονάδα μήκους, έχουν το κέντρο τους στο  $O$  και το επίπεδο τους κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου. Αν η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό τότε οι δακτύλιοι διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα αν για τις ακτίνες τους ισχύει:



α.  $a = (x + y)/2$

β.  $a = (x \cdot y)/x + y$

γ.  $a = \sqrt{x \cdot y}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

Σωστό είναι το γ.

**Αιτιολόγηση**

Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον εσωτερικό δακτύλιο ακτίνας  $x$  είναι:

$$\Phi_1 = B\pi x^2$$

Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον εξωτερικό δακτύλιο ακτίνας  $y$  είναι όση διέρχεται και από μια σπείρα του πηγνίου.

$$\Phi_2 = B\pi a^2$$

Η επαγωγική ΗΕΔ σε κάθε δακτύλιο είναι:

$$\mathcal{E}_{επ} = \frac{d\Phi}{dt} = S \frac{dB}{dt}$$

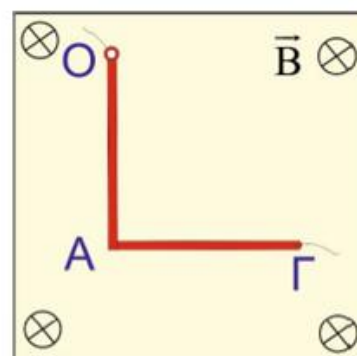
Οι δύο δακτύλιοι διαρρέονται από ρεύμα ίδιας έντασης:

$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{\mathcal{E}_{επ1}}{R_1} = \frac{\mathcal{E}_{επ2}}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R \cdot 2\pi x} \pi x^2 \frac{dB}{dt} = \frac{1}{R \cdot 2\pi y} \pi a^2 \frac{dB}{dt} \Rightarrow$$

$$x = \frac{a^2}{y} \Rightarrow a = \sqrt{x \cdot y}$$

**26.**

Ομογενής αγωγός ΟΑΓ μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το σημείο  $O$ . Τα δύο τμήματα του αγωγού έχουν ίδια μάζα  $M$  και ίδιο μήκος  $L$ . Στο χώρο που βρίσκεται ο αγωγός υπάρχει οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$ , του οποίου η κατεύθυνση φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Παρατηρούμε ότι ο αγωγός ΟΑΓ ισορροπεί με το τμήμα του ΟΑ να έχει κατακόρυφη διεύθυνση.



**A.** Ο αγωγός ΟΑΓ:

**A1.** Διαρρέεται από ρεύμα φοράς από το  $O$  στο  $\Gamma$ .

**A2.** Διαρρέεται από ρεύμα φοράς από το  $\Gamma$  στο  $O$ .

**A3.** Δεν διαρρέεται από ρεύμα.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

B. Αν  $w$  είναι το βάρος κάθε τμήματος του αγωγού και  $F_L$  η δύναμη που δέχεται κάθε τμήμα του αγωγού, για τα μέτρα των δύο αυτών δυνάμεων ισχύει:

- B1.  $w = F_L$                       B2.  $w > F_L$                       B3.  $w < F_L$

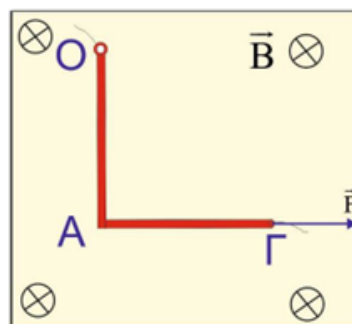
Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Γ. Αν ο αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα, προκειμένου να ισορροπεί και πάλι στην ίδια αρχική θέση ασκείται οριζόντια δύναμη  $F$  όπως φαίνεται στο σχήμα.

Για το μέτρο της δύναμης  $F$  και το μέτρο της δύναμης Laplace  $F_L$  που δεχόταν κάθε τμήμα του αγωγού, όταν διαρρέοταν από ρεύμα, ισχύει:

- Γ1.  $F = F_L$                       B2.  $F > F_L$                       B3.  $F < F_L$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

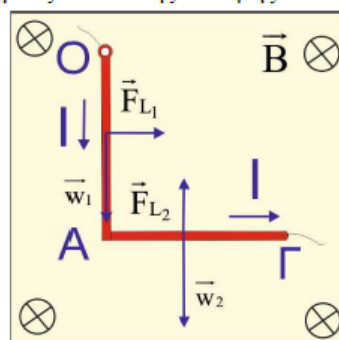


### Λύση

A. Αν ο αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα, οι μόνες δυνάμεις που του ασκούνται είναι τα δύο βάρη των τμημάτων του αγωγού και η δύναμη από τον άξονα (η δύναμη από τον άξονα δεν είναι σχεδιασμένη στο σχήμα).

Επειδή ο αγωγός ισορροπεί εφαρμόζοντας τη συνθήκη ισορροπίας των ροπών ως προς το άκρο O, επειδή μηδενίζονται οι ροπές του βάρους  $w_1$  και της δύναμης από τον άξονα, και παραμένει μόνο η ροπή του βάρους  $w_2$ , συμπεραίνουμε ότι δεν μπορεί να υπάρχει ισορροπία.

Αν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, τότε κάθε τμήμα του θα δέχεται δύναμη Laplace, αφού βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Οι δυνάμεις Laplace που ασκούνται στα δύο τμήματα του αγωγού θα πρέπει να δημιουργούν ροπή που "θα εξουδετερώνει" τη ροπή του βάρους  $w_2$ . Επομένως η κατεύθυνση των δυνάμεων Laplace θα είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα.



Και για να συμβεί αυτό, σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού θα πρέπει η φορά του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό να είναι από το O στο Γ. Επομένως **σωστή απάντηση είναι η Α1.**

β. Εφαρμόζοντας τη συνθήκη ισορροπίας των ροπών ως προς το O θα ισχύει:

$$\Sigma \tau(O) = 0 \Rightarrow \vec{\tau}_{F_{L1}} + \vec{\tau}_{w_1} + \vec{\tau}_{F_{L2}} + \vec{\tau}_{w_2} = 0 \quad (1)$$

Για τα μέτρα των δυνάμεων Laplace σε κάθε τμήμα του αγωγού ισχύει:

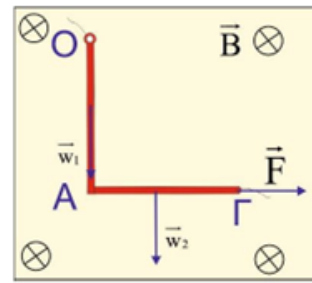
$$F_{L1} = F_{L2} = BIL$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) προκύπτει.

$$F_L \cdot \frac{L}{2} + 0 + F_L \cdot \frac{L}{2} - w_2 \cdot \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow w_2 = 2F_L \quad (2)$$

Αφού  $w > F_L$  **σωστή απάντηση είναι η Β2.**

γ. Πλέον στον αγωγό δεν ασκούνται δυνάμεις από το μαγνητικό πεδίο, οπότε για την νέα ισορροπία και εφαρμόζοντας τη συνθήκη ισορροπίας των ροπών ως προς το Ο θα ισχύει:



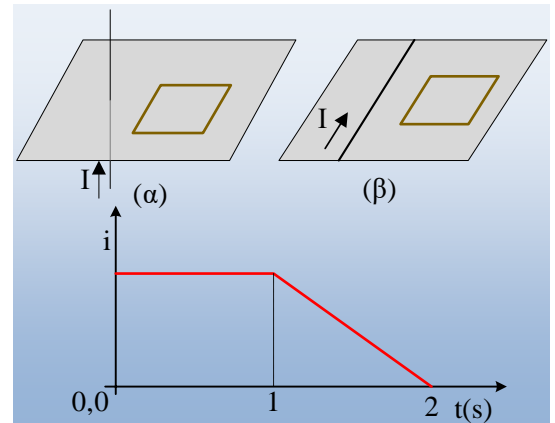
$$\Sigma\tau(O) = 0 \Rightarrow \vec{\tau}_F + \vec{\tau}_{w_1} + \vec{\tau}_{w_2} = 0 \Rightarrow F \cdot L - w_2 \cdot \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow F = \frac{w_2}{2} \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (2) και (3) προκύπτει:

$$F = F_L$$

Επομένως σωστή απάντηση είναι η Γ1.

**27)** Σε λείο οριζόντιο επίπεδο ηρεμεί ένα τετράγωνο αγώγιμο πλαίσιο. Στο (α) σχήμα, ένας ευθύγραμμος κατακόρυφος αγωγός, βρίσκεται σε κοντινή απόσταση στο πλαίσιο, ενώ στο (β) σχήμα ο ευθύγραμμος αγωγός είναι οριζόντιος. Στο κάτω σχήμα βλέπουμε τη μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό, σε συνάρτηση με το χρόνο.



i) Αναφερόμενοι στο (α) σχήμα:

- Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, έχουν φορά προς τα πάνω.
- Η μαγνητική ροή που περνάει από το πλαίσιο παραμένει σταθερή από 0-2s.
- Στο χρονικό διάστημα 1s-2s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής.
- Το τετράγωνο πλαίσιο θα κινηθεί προς τον ευθύγραμμο αγωγό μετά τη στιγμή  $t_1=1s$ .

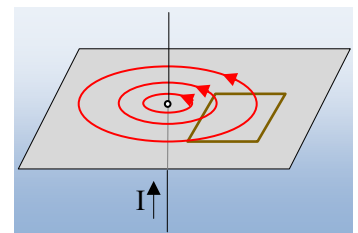
ii) Αναφερόμενοι στο (β) σχήμα.

- Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, είναι πάνω στο οριζόντιο επίπεδο.
- Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα 1s-2s.
- Στο χρονικό διάστημα 0s-1s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής.
- Το πλαίσιο θα κινηθεί πλησιάζοντας τον αγωγό.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

**Απάντηση:**

i) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, γύρω από τον ευθύγραμμο αγωγό, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, που βρίσκεται και το πλαίσιο. Με βάση το σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο είναι μηδενική, ανεξάρτητα της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό. Αυτό όμως σημαίνει ότι δεν θα εμφανιστούν φαινόμενα επαγωγής, ούτε θα εμφανιστεί επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα στο πλαίσιο. Κατά συνέπεια δεν θα ασκηθεί και κάποια δύναμη Laplace στο πλαίσιο, από τον ευθύγραμμο αγωγό. Με βάση αυτά οι απαντήσεις είναι:



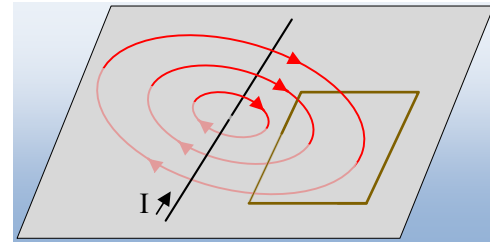
- Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, έχουν φορά προς τα πάνω. (Λ)

β) Η μαγνητική ροή που περνάει από το πλαίσιο παραμένει σταθερή από 0-2s.

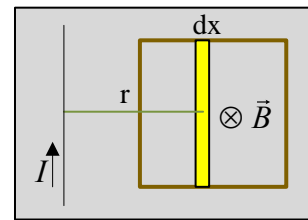
(Σ)

γ) Στο χρονικό διάστημα 1s-2s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής. (Α)

δ) Το τετράγωνο πλαίσιο θα κινηθεί προς τον ευθύγραμμο αγωγό μετά τη στιγμή  $t_1=1s$ . (Α)



ii) Το μαγνητικό πεδίο στο (β), φαίνεται στο διπλανό σχήμα, όπου έχουν σχεδιαστεί οι δυναμικές γραμμές σε ένα επίπεδο κάθετο στον αγωγό. Οι γραμμές αυτές τέμνουν κάθετα το οριζόντιο επίπεδο, συνεπώς και το επίπεδο του πλαισίου. Αλλά τότε υπάρχει μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο, η οποία εξαρτάται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου, η οποία με την σειρά της είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος I, που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό. Πράγματι ας δούμε το διπλανό σχήμα (κάτωψη) και μια λωρίδα πάχους dx του πλαισίου, η οποία απέχει κατά r από τον ευθύγραμμο αγωγό. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετη στην επιφάνεια, με φορά προς τα μέσα και σε απόσταση r από τον αγωγό έχει μέτρο:

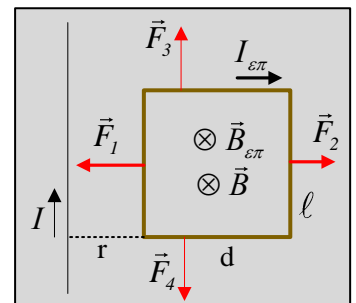


$$B_r = K_\mu \frac{2I}{r}$$

Οπότε η μαγνητική ροή που διέρχεται από την «κίτρινη λωρίδα» είναι ίση (έστω η κάθετη στην επιφάνεια είναι προς τα μέσα, όπως και η ένταση B):

$$\Phi_r = B_r \ell dx = K_\mu \frac{2I}{r} B_r \ell$$

Αλλά τότε και η συνολική ροή που περνά από το πλαίσιο, θα είναι ανάλογη της έντασης του I και θα παραμένει σταθερή, όταν και η ένταση I παραμένει σταθερή (από 0-1s), ενώ θα μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα 1s-2s, στο οποίο μεταβάλλεται και η ένταση του ρεύματος. Έτσι στο διάστημα αυτό θα εμφανιστεί στο πλαίσιο ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής και επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz θα έχει τέτοια φορά ώστε να αντιστέκεται στην μείωση της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Στο πλαίσιο δηλαδή θα εμφανιστεί ρεύμα, με τη φορά που φαίνεται στο σχήμα, ώστε να προκαλέσει ένταση μαγνητικού πεδίου  $B_{επ}$ , ίδιας κατεύθυνσης με την ένταση B.



Σαν αποτέλεσμα, θα ασκηθεί σε κάθε πλευρά του πλαισίου μια δύναμη, όπου η συνισταμένη των δυνάμεων  $F_3$  και  $F_4$  είναι μηδενική (σε κάθε στοιχειώδες τμήμα dx της μιας, ασκείται δύναμη  $dF=B_r \cdot I_{επ} \cdot dx$ , αντίθετης της δύναμης που ασκείται στο αντίστοιχο τμήμα dx' της άλλης). Αλλά τότε η συνισταμένη θα είναι ίση με  $\Sigma F=F_1-F_2$ , με κατεύθυνση αυτή της  $F_1$ , αφού:

$$F_1 = B_r I_{επ} \ell = K_\mu \frac{2I}{r} I_{επ} \ell > K_\mu \frac{2I}{r+d} I_{επ} \ell = F_2$$

Με βάση όλα αυτά οι απαντήσεις είναι:

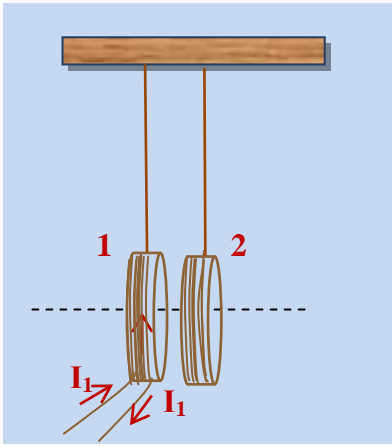
α) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, είναι πάνω στο οριζόντιο επίπεδο. (Α)

β) Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα 1s-2s. (Σ)

γ) Στο χρονικό διάστημα 0s-1s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής. (Α)

δ) Το πλαίσιο θα κινηθεί πλησιάζοντας τον αγωγό. (Σ)

28) Στο σχήμα έχουμε δύο κυκλικά πηνία όμοια, όπου το πηνίο 1 διαρρέεται με σταθερό ρεύμα  $I_1$ , έχουν κοινό άξονα και κρέμονται με αβαρή μονωτικά νήματα ισορροπώντας .



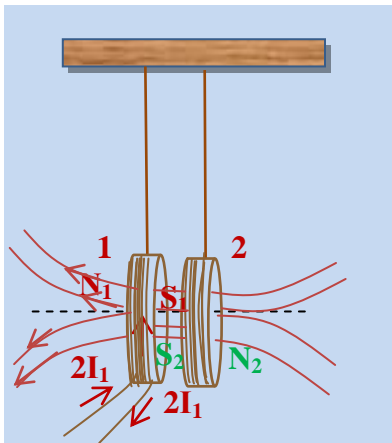
Διπλασιάζουμε την ένταση του ρεύματος στο πηνίο 1 ,σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .

Στη χρονική διάρκεια  $\Delta t$  τα πηνία

1. θα παραμείνουν στις θέσεις τους
2. θα απομακρυνθούν μεταξύ τους
3. θα πλησιάσουν μεταξύ τους

Επιλέξτε τη σωστή πρόταση και δικαιολογήστε την επιλογή σας.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**  
σωστή η (2)



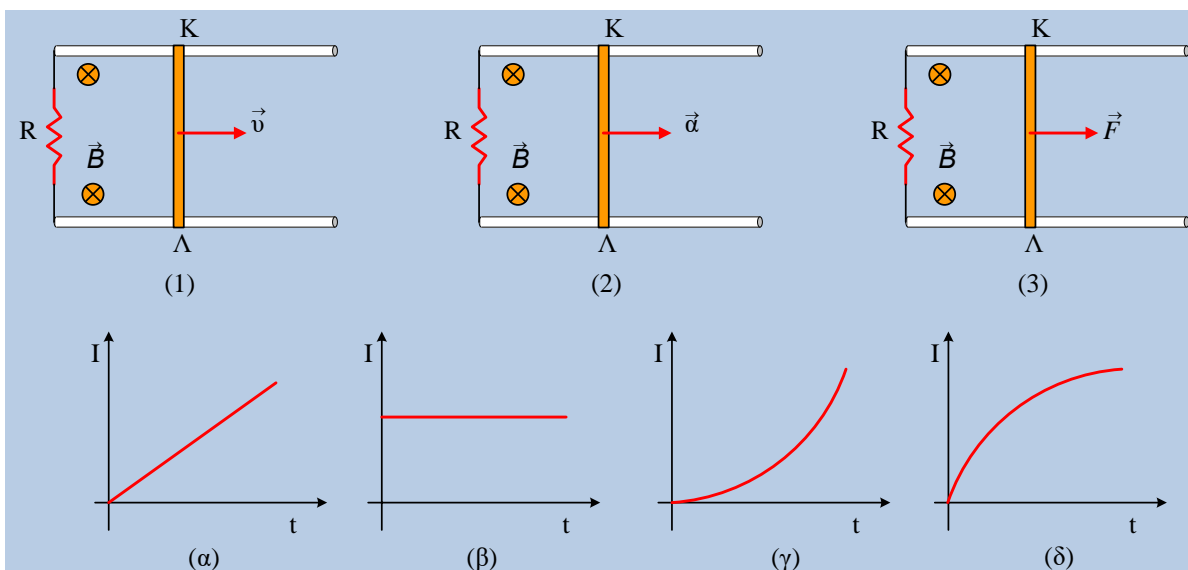
Το πηνίο 1 δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο χώρο, με δυναμικές γραμμές που το διαπερνούν, προς τα αριστερά. Μέρος αυτών διέρχεται και από το πηνίο 2.

Όσο η ένταση  $I_1$  είναι σταθερή, έχουμε και σταθερή μαγνητική ροή από κάθε πηνίο.

Στο πολύ μικρό χρονικό διάστημα  $\Delta t$  διπλασιάζουμε την ένταση του ρεύματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και την αύξηση της μαγνητικής ροής και από τα δύο πηνία.

Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, στο πηνίο 2 θα έχουμε ΗΕΔ επαγωγής , με τέτοια πολικότητα, ώστε να τείνει να μειώσει την ροή. Έτσι , απέναντι από τον νότιο πόλο  $S_1$  του πηνίου 1, θα δημιουργηθεί νότιος πόλος  $S_2$ , με αποτέλεσμα να έχουμε άπωση των πηνίων, κι έτσι να απομακρυνθούν μεταξύ τους.

29) Ο αγωγός ΚΛ κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, όπως στα σχήματα. Στο σχήμα (1) κινείται με σταθερή ταχύτητα, στο σχήμα (2) ξεκινά από την ηρεμία με σταθερή επιτάχυνση και στο σχήμα (3) ξεκινά να κινείται με την επίδραση μιας σταθερής εξωτερικής δύναμης  $F$ .



ι) Να αντιστοιχίσετε κάθε κύκλωμα με την αντίστοιχη γραφική παράσταση, η οποία δείχνει την μεταβολή της έντασης του ρεύματος, σε συνάρτηση με το χρόνο.

- ii) Στις περιπτώσεις (1) και (2) απαιτείται να ασκήσουμε στον αγωγό ΚΛ εξωτερική δύναμη ή όχι για τις αναφερόμενες κινήσεις; Αν ναι, η δύναμη αυτή θα έχει σταθερό μέτρο ή όχι;

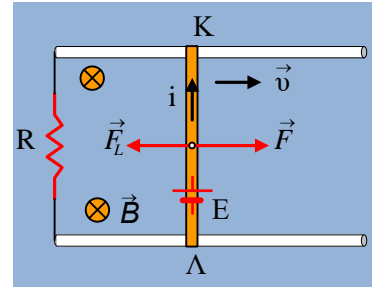
Να δώσετε σύντομες δικαιολογήσεις.

**Απάντηση:**

Ο αγωγός ΚΛ και στις τρεις περιπτώσεις, κινείται προς τα δεξιά, με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται πάνω του μια ΗΕΔ, με απόλυτη τιμή  $E=Bv\ell$ , με πολικότητα όπως στο σχήμα, αφού τότε μόνο το κύκλωμα θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$i = \frac{E}{R} = \frac{Bv\ell}{R} \quad (1)$$

με φορά από το Λ→Κ. Αλλά τότε η δύναμη Laplace θα έχει φορά προς τα αριστερά, σε συμφωνία με τον κανόνα του Lenz.



- iii) Στο πρώτο σχήμα ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα, οπότε αναπτύσσεται και σταθερή ΗΕΔ από επαγωγή και την σχέση (1) προκύπτει και μια σταθερή ένταση ρεύματος, οπότε το διάγραμμα που θα πάρουμε θα είναι το (β).

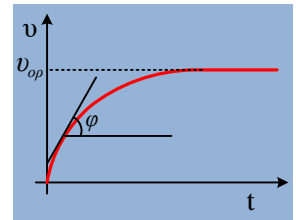
Στο κύκλωμα (2) η ράβδος έχει σταθερή επιτάχυνση, αλλά τότε η ταχύτητά της αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο, με αποτέλεσμα και η ένταση να αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο και το αντίστοιχο διάγραμμα είναι το (α).

Στο (3) κύκλωμα, με την επίδραση σταθερής δύναμης ο αγωγός θα επιταχυνθεί προς τα δεξιά με επιτάχυνση που προκύπτει από τον 2° νόμο του Νεύτωνα:

$$\Sigma F = m \cdot \alpha \rightarrow F - F_L = m \cdot \alpha \rightarrow$$

$$F - B \frac{Bv\ell}{R} \ell = ma \quad (2)$$

Από την παραπάνω εξίσωση (2) βλέπουμε ότι καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του αγωγού η επιτάχυνση μειώνεται, μέχρι να αποκτήσει τελικά μια οριακή σταθερή ταχύτητα. Αλλά τότε ένα διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο, θα είχε τη μορφή του διπλανού σχήματος, αφού η κλίση θα είναι ίση με την επιτάχυνση της ράβδου.



Αν έρθουμε τώρα στην ένταση του ρεύματος, από την σχέση (1) προκύπτει ότι θα μεταβάλλεται με το χρόνο, όπως και η ταχύτητα, συνεπώς το αντίστοιχο διάγραμμα είναι το (δ).

- iv) Στο (1) κύκλωμα έχουμε σταθερή ένταση ρεύματος, συνεπώς σταθερή δύναμη Laplace, οπότε για να κινείται ο αγωγός με σταθερή ταχύτητα, θα πρέπει να ασκείται στη ράβδο και μια σταθερή εξωτερική δύναμη F, αφού:

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F = F_L = \text{σταθ.}$$

Στο κύκλωμα (2) όπου η ένταση του ρεύματος αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο, θα αυξάνεται επίσης και το μέτρο της δύναμης Laplace, οπότε για να μπορεί να επιταχύνεται ο αγωγός, θα πρέπει να ασκούμε εξωτερική δύναμη, ώστε να ισχύει:

$$\Sigma F = m \cdot \alpha \rightarrow F - F_L = m \cdot \alpha \rightarrow F = F_L + m\alpha$$

Πράγμα που σημαίνει ότι και το μέτρο της απαιτούμενης εξωτερικής δύναμης θα αυξάνεται σε συνάρτηση με το χρόνο, όπως στο διπλανό σχήμα.

