

## Ενότητα 1<sup>η</sup> Εισαγωγή-Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

### A. Θέματα πολλαπλής επιλογής

Για τα θέματα 1 - 16 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

1. Το φαινόμενο της εμφάνισης ηλεκτρεγερτικής δύναμης σε κύκλωμα, λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνειά του, ονομάζεται:

- α. Σχετική κίνηση.
- β. Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.
- γ. Ηλεκτρικό ρεύμα.
- δ. Αδράνεια.

2. Συρμάτινο πλαίσιο βρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου. Ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή αναπτύσσεται στο πλαίσιο, εάν:

- α. Το πεδίο είναι ομογενές.
- β. Το πλαίσιο είναι τοποθετημένο κάθετα στις δυναμικές γραμμές.
- γ. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι παράλληλη με το πλαίσιο.
- δ. Το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διέρχονται από το πλαίσιο μεταβάλλεται.

3. Πηνίο αποτελείται από  $N$  σπείρες. Εάν σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  η μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου μεταβληθεί κατά  $\Delta\Phi$ , η μέση ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που θα αναπτυ-

χθεί στα άκρα του πηνίου δίνεται από τη σχέση:

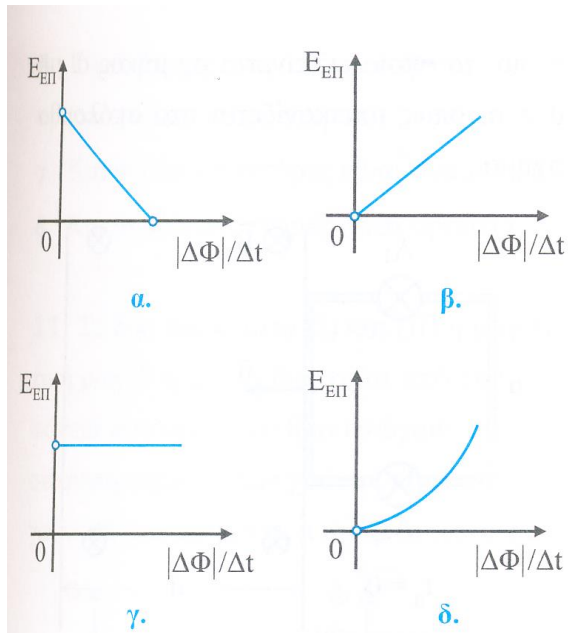
$$\alpha. E_{\text{ΕΠ}} = \frac{\Delta t}{|\Delta\Phi|} N. \quad \beta. E_{\text{ΕΠ}} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \cdot \frac{1}{N}.$$

$$\gamma. E_{\text{ΕΠ}} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} N. \quad \delta. E_{\text{ΕΠ}} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} N^2.$$

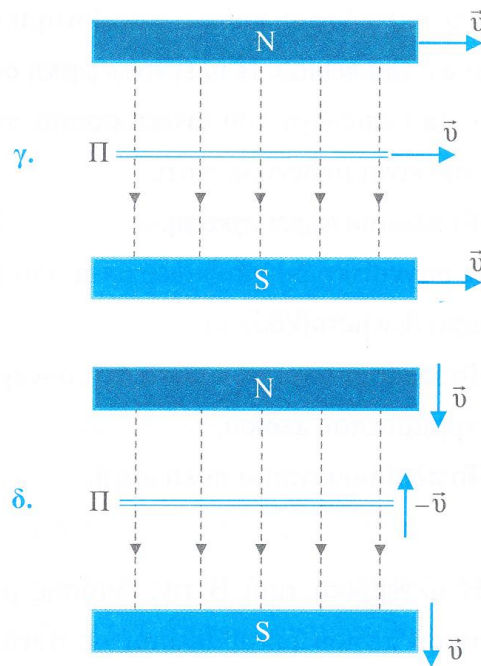
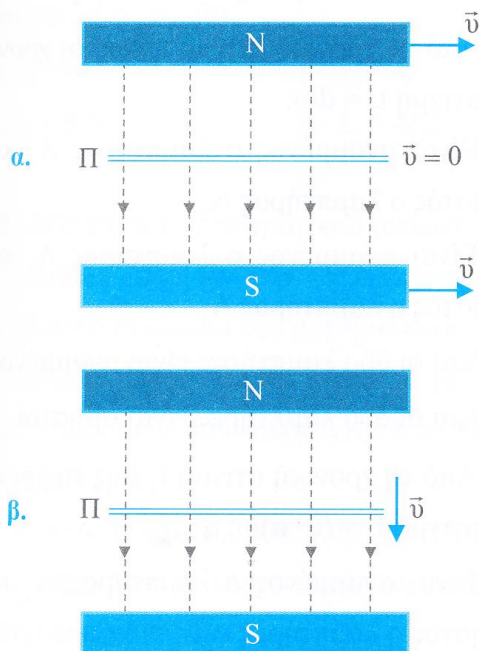
4. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που εμφανίζεται στα άκρα ενός πηνίου είναι:

- α. Ανάλογη με τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου.
- β. Ανεξάρτητη από τον αριθμό των σπειρών του πηνίου.
- γ. Αντιστρόφως ανάλογη με τον αριθμό των σπειρών του πηνίου.
- δ. Ανάλογη με τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου.

5. Το διάγραμμα το οποίο παριστάνει ορθά το μέτρο της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται σε ένα κύκλωμα σε συνάρτηση με τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια που ορίζει του κύκλωμα είναι το:



**6.** Οριζόντιο πλαίσιο  $\Pi$  βρίσκεται κάθετα τοποθετημένο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των πόλων πεταλοειδούς μαγνήτη. Το πλαίσιο και ο μαγνήτης εκτελούν τις κινήσεις που απεικονίζονται στα ακόλουθα σχήματα.



Στο πλαίσιο επάγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη στην περίπτωση του:

- α. Σχήματος α.                      β. Σχήματος β.
- γ. Σχήματος γ.                      δ. Σχήματος δ.

**7.** Στο διάγραμμα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{ΕΠ}$  – χρόνου  $t$ , μεταξύ δύο χρονικών στιγμών  $t_1$  και  $t_2$ , με  $t_2 > t_1$ , το εμβαδόν του χωρίου που περικλείεται από την καμπύλη της  $E_{ΕΠ} = f(t)$ , τον οριζόντιο άξονα του χρόνου και τις ευθείες  $t = t_1$  και  $t = t_2$  ισούται αριθμητικά με τη μεταβολή:

- α. Της έντασης του επαγωγικού ρεύματος.
- β. Του επαγωγικού φορτίου.
- γ. Της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
- δ. Της μαγνητικής ροής.

**8.** Συρμάτινο πλαίσιο φέρει μικρή εγκοπή και κινείται πολύ αργά εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου μεγάλης έκτασης έχο-

ντας το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο είναι μηδενική, γιατί:

- α.** Το πλαίσιο φέρει εγκοπή.
- β.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο δεν μεταβάλλεται.
- γ.** Το πλαίσιο κινείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.
- δ.** Το πλαίσιο κινείται πολύ αργά.

**9.** Η αλγεβρική τιμή  $B$  της έντασης μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  σύμφωνα με τη σχέση:  $B = 10 + 2t$  (S.I.). Πλαίσιο εμβαδού  $A = 0,1 \text{ m}^2$  είναι τοποθετημένο με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

**A.** Στο S.I., η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο δίνεται από τη σχέση:

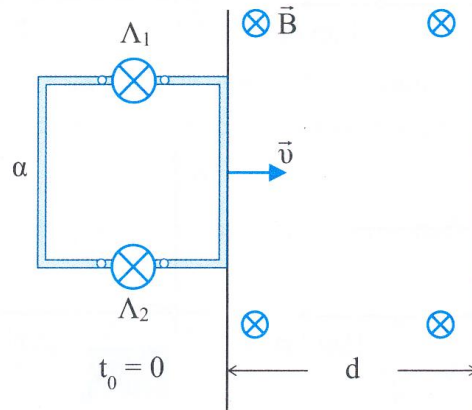
- α.**  $\Phi = 100 + 20t$ .
- β.**  $\Phi = 100 - 20t$ .
- γ.**  $\Phi = 1 - 0,2t$ .
- δ.**  $\Phi = 1 + 0,2t$ .

**B.** Η μέση ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο είναι:

- α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = +100 \text{ V}$ .
- β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = +20 \text{ V}$ .
- γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = +1 \text{ V}$ .
- δ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = +0,2 \text{ V}$ .

**10.** Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο πλευράς  $a$  φέρει δύο λαμπτήρες  $\Lambda_1$  και  $\Lambda_2$  και κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό

πεδίο, το οποίο εκτείνεται σε μήκος  $d$ , με  $d > a$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



**A.** Από τη χρονική στιγμή  $t_0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = a/v$ :

- α.** Είναι αναμμένος ο λαμπτήρας  $\Lambda_1$  και σβηστός ο λαμπτήρας  $\Lambda_2$ .
- β.** Είναι αναμμένος ο λαμπτήρας  $\Lambda_2$  και σβηστός ο λαμπτήρας  $\Lambda_1$ .
- γ.** Και οι δύο λαμπτήρες είναι αναμμένοι.
- δ.** Και οι δύο λαμπτήρες είναι σβηστοί.

**B.** Από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2 = d/v$ :

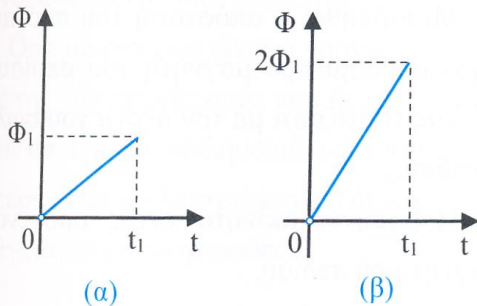
- α.** Είναι αναμμένος ο λαμπτήρας  $\Lambda_1$  και σβηστός ο λαμπτήρας  $\Lambda_2$ .
- β.** Είναι αναμμένος ο λαμπτήρας  $\Lambda_2$  και σβηστός ο λαμπτήρας  $\Lambda_1$ .
- γ.** Και οι δύο λαμπτήρες είναι αναμμένοι.
- δ.** Και οι δύο λαμπτήρες είναι σβηστοί.

**Γ.** Από τη χρονική στιγμή  $t_2$  έως τη χρονική στιγμή  $t_3 = (d+a)/v$ :

- α.** Είναι αναμμένος ο λαμπτήρας  $\Lambda_1$  και σβηστός ο λαμπτήρας  $\Lambda_2$ .

- β.** Είναι αναμμένος ο λαμπτήρας  $\Lambda_2$  και σβηστός ο λαμπτήρας  $\Lambda_1$ .
- γ.** Και οι δύο λαμπτήρες είναι αναμμένοι.
- δ.** Και οι δύο λαμπτήρες είναι σβηστοί.

**11.** Σε δύο πειράματα (I) και (II) η μαγνητική ροή  $\Phi$  η οποία διέρχεται από την επιφάνεια που ορίζει το ίδιο αγωγίμο πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  παριστάνεται γραφικά στα σχήματα **α** και **β** αντίστοιχα.



Οι εντάσεις  $I_1$  και  $I_2$  των επαγωγικών ρευμάτων που διαρρέουν το αγωγίμο πλαίσιο στα πειράματα (I) και (II) αντίστοιχα, συνδέονται με τη σχέση:

- α.**  $I_2 = 2I_1$ .
- β.**  $I_2 = I_1$ .
- γ.**  $I_2 = 0,5I_1$ .
- δ.**  $I_2 = 4I_1$ .

**12.** Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος:

- α.** Ισούται με μηδέν, εάν η μαγνητική ροή σε κλειστό κύκλωμα δεν μεταβάλλεται.
- β.** Είναι ανάλογη του πλήθους των μαγνητικών γραμμών που διέρχονται από κλειστό κύκλωμα.
- γ.** Γίνεται ελάχιστη, εάν η μαγνητική ροή που διέρχεται από κλειστό κύκλωμα μηδενιστεί ακαριαία.

**δ.** Είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από ανοικτό κύκλωμα.

**13.** Κυκλικός αγωγός φέρει μικρή εγκοπή και βρίσκεται τοποθετημένος εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου διέρχονται κάθετα από το επίπεδο του αγωγού. Εάν το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται γραμμικά με τον χρόνο, τότε:

- α.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια του αγωγού είναι σταθερή.
- β.** Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από τον αγωγό ισούται με μηδέν.
- γ.** Στα άκρα του αγωγού εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή, αλλά ο αγωγός δεν διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.
- δ.** Στα άκρα του αγωγού εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή και ο αγωγός διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.

**14.** Το επαγωγικό φορτίο είναι:

- α.** Αντιστρόφως ανάλογο του χρόνου μεταβολής της μαγνητικής ροής.
- β.** Ανάλογο της μεταβολής της μαγνητικής ροής.
- γ.** Ανάλογο του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής.
- δ.** Αντιστρόφως ανάλογο της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή.

**15.** Ορθογώνιο μεταλλικό πλαίσιο με διαστάσεις  $a$  και  $2a$  έχει ωμική αντίσταση  $R$  και  $N$  σπείρες. Το πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , κάθετα στις μαγνητικές γραμμές. Εάν σε χρόνο  $\Delta t$  το πλαίσιο περιστραφεί έτσι, ώστε το επίπεδό του να γίνει παράλληλο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από τη διατομή του σύρματος του πλαισίου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\alpha. \Delta q = \frac{B\alpha^2}{RN} \quad \beta. \Delta q = \frac{B}{2R\alpha^2} N.$$

$$\gamma. \Delta q = \frac{2B\alpha^2}{R\Delta t} N \quad \delta. \Delta q = \frac{2B\alpha^2}{R} N.$$

**16.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται από σπείρα η οποία είναι κάθετα τοποθετημένη στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό  $2 \text{ Wb/s}$ . Ανά  $2 \text{ s}$  το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από εγκάρσια διατομή της σπείρας είναι  $2 \mu\text{C}$ . Εάν η μαγνητική ροή του πεδίου μεταβαλλόταν με ρυθμό  $1 \text{ Wb/s}$ , ανά  $4 \text{ s}$  θα είχαν διέλθει από τη διατομή της σπείρας:

$$\alpha. 2 \mu\text{C}. \quad \beta. 8 \mu\text{C}. \quad \gamma. 4 \mu\text{C}. \quad \delta. 1 \mu\text{C}.$$

**B.** Θέματα του τύπου Σωστό / Λάθος

Να χαρακτηρίσετε κάθε πρόταση από τα θέματα **17 – 18** με το γράμμα **Σ**, αν είναι σωστή, ή με το γράμμα **Λ**, αν είναι λανθασμένη.

**17.** Ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δεν αναπτύσσεται στα άκρα ενός σωληνοειδούς, όταν:

**α.** Μεταβληθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές.

**β.** Μεταβληθεί η απόστασή του από ακίνητο ραβδόμορφο μαγνήτη του οποίου ο άξονας ταυτίζεται με τον άξονα του σωληνοειδούς.

**γ.** Παραμένει ακίνητο εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

**δ.** Μεταβληθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει γειτονικό, ομοαξονικό σωληνοειδές.

**ε.** Κινείται με σταθερή ταχύτητα εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

**18.** Ραβδόμορφος μαγνήτης πλησιάζει ακίνητο σωληνοειδές. Οι άξονες του μαγνήτη και του σωληνοειδούς ταυτίζονται.

**α.** Το πλήθος των δυναμικών γραμμών του πεδίου που δημιουργεί ο ραβδόμορφος μαγνήτης και διέρχονται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς ελαττώνεται.

**β.** Όσο πιο αργά πλησιάζει ο μαγνήτης προς το σωληνοειδές, τόσο μεγαλύτερη ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή αναπτύσσεται στα άκρα του σωληνοειδούς.

**γ.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του σωληνοειδούς είναι μεγαλύτερη, εάν στο σωληνοειδές πλησιάζει με την ίδια ταχύτητα ένας ισχυρότερος μαγνήτης.

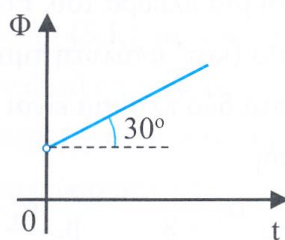
**δ.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του σωληνοειδούς γίνεται μικρότερη, όσο αυξάνεται ο αριθμός των σπειρών του σωληνοειδούς, εφόσον ο ίδιος μαγνήτης πλησιάζει το σωληνοειδές με την ίδια ταχύτητα.

**ε.** Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς, τόσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη που επάγεται στο σωληνοειδές.

**Γ. Θέματα πολλαπλής επιλογής με αιτιολόγηση**

Στα θέματα 19 - 25 να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**19.** Μεταλλικός δακτύλιος βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδο του κάθετο στις μαγνητικές γραμμές. Στο διάγραμμα του παραπάνω σχήματος απεικονίζεται η μαγνητική ροή  $\Phi$  η οποία



διέρχεται από την επιφάνεια που ορίζει ο δακτύλιος σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .

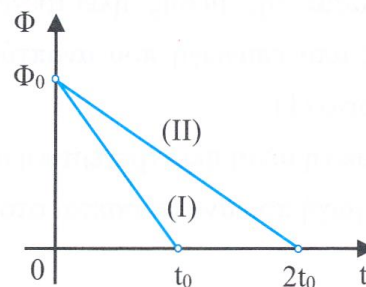
Η μέση ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στον δακτύλιο είναι:

**α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{\sqrt{3}}{3} V.$

**β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{1}{2} V.$

**γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \sqrt{3} V.$

**20.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από δύο όμοια συρμάτινα πλαίσια (I) και (II) μεταβάλλεται χρονικά, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



**A.** Για τη μέση τιμή των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ1}}$  και  $E_{\text{ΕΠ2}}$  που αναπτύσσονται στα πλαίσια (I) και (II) αντίστοιχα ισχύει η σχέση:

**α.**  $E_{\text{ΕΠ1}} = 2E_{\text{ΕΠ2}}.$

**β.**  $E_{\text{ΕΠ2}} = 2E_{\text{ΕΠ1}}.$

**γ.**  $E_{\text{ΕΠ1}} = E_{\text{ΕΠ2}}.$

**B.** Τα επαγωγικά φορτία  $\Delta q_1$  και  $\Delta q_2$  που διέρχονται από τις διατομές των συρμάτων των πλαισίων (I) και (II) αντίστοιχα ικανοποιούν τη σχέση:

**α.**  $\Delta q_1 = 2\Delta q_2.$

**β.**  $\Delta q_2 = 2\Delta q_1.$

**γ.**  $\Delta q_1 = \Delta q_2.$

**21.** Δύο κυκλικοί αγωγοί (1) και (2) με ακτίνες  $r_1$  και  $r_2$  αντίστοιχα, με  $r_2 = 2r_1$ , βρίσκονται εντός του ίδιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Τα επίπεδα των αγωγών είναι κάθετα στις μαγνητικές γραμμές. Ο αγωγός (2) εμφανίζει υποδιπλάσια ωμική αντίσταση συγκριτικά με την ωμική αντίσταση που εμφανίζει ο αγωγός (1). Σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου μηδενίζεται.

**A.** Η μέση ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό (2) είναι:

**α.** Διπλάσια της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό (1).

**β.** Ίση με τη μέση ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό (1).

**γ.** Τετραπλάσια της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό (1).

**B.** Το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού (2) συγκριτικά με το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού (1) στο χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι:

**α.** Ίσο. **β.** Τετραπλάσιο. **γ.** Οκταπλάσιο.

**22.** Στο εσωτερικό σωληνοειδούς  $\Sigma_1$  βρίσκεται δεύτερο σωληνοειδές  $\Sigma_2$ . Τα δύο σωληνοειδή είναι ομοαξονικά και ομόκεντρα με πλήθος σπειρών  $N_1$  και  $N_2$  αντίστοιχα,

με  $N_2 = N_1/20$ . Το σωληνοειδές  $\Sigma_1$  διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, με αποτέλεσμα στο εσωτερικό του να έχει δημιουργηθεί μαγνητικό πεδίο. Οι διάμετροι  $\delta_1$  και  $\delta_2$  των σωληνοειδών  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση  $\delta_1 = 2\delta_2$ . Εάν σε χρόνο  $\Delta t$  διακοπεί το ρεύμα στο σωληνοειδές  $\Sigma_1$ , ο λόγος των μέτρων των μέσων ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ1}}$  και  $E_{\text{ΕΠ2}}$  αντίστοιχα που αναπτύσσονται στα άκρα των δύο σωληνοειδών είναι:

**α.**  $\frac{E_{\text{ΕΠ1}}}{E_{\text{ΕΠ2}}} = 10.$  **β.**  $\frac{E_{\text{ΕΠ1}}}{E_{\text{ΕΠ2}}} = 80.$  **γ.**  $\frac{E_{\text{ΕΠ1}}}{E_{\text{ΕΠ2}}} = 40.$

**23.** Δύο τετράγωνα πλαίσια  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  με πλευρές  $a_1$  και  $a_2$  αποτελούνται από  $N_1$  και  $N_2$  σπείρες αντίστοιχα και βρίσκονται κάθετα τοποθετημένα μέσα στο ίδιο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τα πλαίσια είναι κατασκευασμένα από χάλκινο σύρμα σταθερής διατομής και ίδιας θερμοκρασίας. Το πλαίσιο  $\Pi_1$  απομακρύνεται από το μαγνητικό πεδίο, ενώ το πλαίσιο  $\Pi_2$  στρέφεται κατά  $180^\circ$  γύρω από άξονα που διέρχεται από τη μία πλευρά του. Εάν το επαγωγικό φορτίο (κατ' απόλυτη τιμή) που μετατοπίζεται στα δύο πλαίσια είναι το ίδιο, ισχύει η σχέση:

**α.**  $\frac{a_1}{a_2} = 8.$  **β.**  $\frac{a_1}{a_2} = 4.$  **γ.**  $\frac{a_1}{a_2} = 2.$

**24.** Σε μικρή εγκοπή τετράγωνου πλαισίου πλευράς  $d$  έχουν συνδεθεί οι σπλισμοί πυκνωτή χωρητικότητας  $C$ . Το πλαίσιο έχει

τοποθετηθεί μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου το μέτρο της έντασης  $\vec{B}$

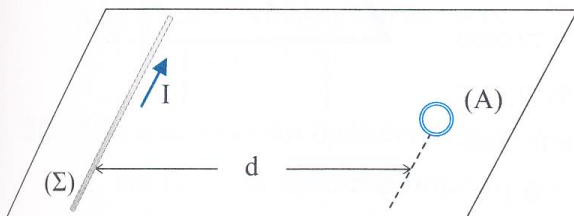
αυξάνεται με σταθερό ρυθμό  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \kappa$  (S.I.),

όπου  $\kappa$  μια θετική σταθερά. Η ηλεκτρική ενέργεια  $W$  που αποθηκεύεται στον πυκνωτή μέχρι την πλήρη φόρτισή του είναι:

**α.**  $W = \frac{1}{2} C \kappa^2 d^4$ .      **β.**  $W = C \kappa^2 d^4$ .

**γ.**  $W = 0$ .

**25.** Μεταλλικός κυκλικός αγωγός  $A$ , πολύ μικρής ακτίνας  $r$  και ωμικής αντίστασης  $R$ , βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με ευθύγραμμο σύρμα  $\Sigma$  πολύ μεγάλου μήκους, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Το κέντρο του κυκλικού αγωγού απέχει από το σύρμα απόσταση  $d$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το σύρμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I = \alpha + \beta t$  (S.I.), με  $\alpha$  και  $\beta$  θετικές σταθερές. Εάν είναι  $r \ll d$ , τότε:

**A.** Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στον κυκλικό αγωγό είναι:

**α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{\mu_0}{4\pi} 2\pi r^2 \sqrt{\frac{\beta}{d}}$ .

**β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\pi r^2}{d} \beta$ .

**γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi r^2}{d} \beta$ .

**B.** Η θερμική ισχύς που αναπτύσσεται στον κυκλικό αγωγό είναι:

**α.**  $P = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)^2 \frac{4\pi^2 r^4}{d} \beta^2 R$ .

**β.**  $P = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)^2 \frac{\pi^2 r^4}{d^2 R} \beta^2$ .

**γ.**  $P = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)^2 \frac{4\pi^2 r^4}{d^2 R} \beta^2$ .

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού  $\mu_0$ .

## Ασκήσεις προς λύση

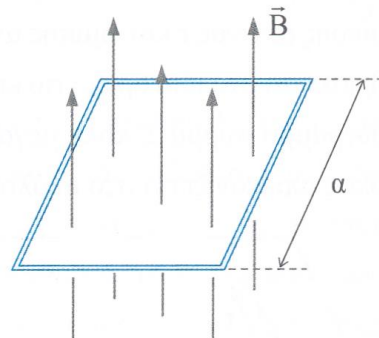
26. Μεταλλικό πλαίσιο έχει  $N = 10$  σπείρες και βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Αυξάνοντας το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου για χρόνο  $\Delta t = 0,2$  s, μεταβάλλουμε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πλαισίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί στο πλαίσιο ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή μέτρου  $E_{\text{ΕΠ}} = 4$  V.

Να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του πλαισίου στο παραπάνω χρονικό διάστημα.

27. Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο με μήκος πλευράς  $a = 50$  cm και  $N = 50$  σπείρες τοποθετείται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του κάθετο στις μαγνητικές γραμμές, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

Το μέτρο της έντασης  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου είναι 0,1 T. Να υπολογίσετε το μέτρο της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, όταν σε χρόνο  $\Delta t = 0,1$  s:

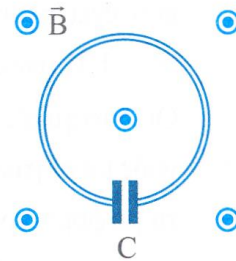
- Διπλασιαστεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου.
- Αντιστραφεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου.
- Στραφεί το πλαίσιο κατά γωνία  $\theta = 60^\circ$  γύρω από μία πλευρά του.



28. Μεταλλικό πλαίσιο σχήματος ορθογώνιου παραλληλογράμμου έχει διαστάσεις 3 cm x 4 cm, ωμική αντίσταση  $R = 5 \Omega$  και  $N = 500$  σπείρες. Το πλαίσιο τοποθετείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του παράλληλο προς τις μαγνητικές γραμμές. Στρέφουμε το πλαίσιο κατά  $30^\circ$  γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα των δύο απέναντι πλευρών του πλαισίου και είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Εάν η περιστροφή του πλαισίου διήρκεσε χρόνο  $\Delta t = 2$  s και το φορτίο που μετακινήθηκε από μία διατομή του σύρματος εντός του χρόνου  $\Delta t$  είναι  $\Delta q = 0,06$  C, να υπολογίσετε:

- α. Την απόλυτη τιμή της μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από μία σπείρα του πλαισίου.
- β. Το μέτρο της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.
- γ. Την ένταση (κατ' απόλυτη τιμή) του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.

29. Κυκλικός αγωγός με επιφάνεια εμβαδού  $A = 0,06 \text{ m}^2$  συνδέεται στους οπλισμούς αφόρτιστου πυκνωτή. Η διάταξη τοποθετείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του αγωγού, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

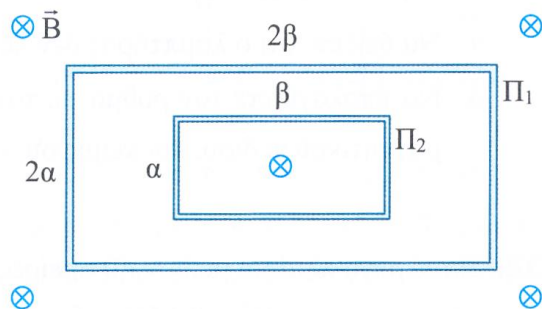


Κάποια χρονική στιγμή αρχίζει να αυξάνεται η ένταση του

μαγνητικού πεδίου με σταθερό ρυθμό  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,5 \frac{\text{T}}{\text{s}}$ . Το φορτίο που αποθηκεύεται στον πυκνωτή είναι  $\Delta q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ . Να υπολογίσετε:

- α. Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στον κυκλικό αγωγό.
- β. Τη χωρητικότητα του πυκνωτή και την ενέργεια που αποθηκεύεται σε αυτόν.

30. Δύο οριζόντια και ομόκεντρα πλαίσια  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  είναι κατασκευασμένα από το ίδιο ομογενές και ισοπαχές σύρμα. Οι διαστάσεις των πλαισίων φαίνονται στο διπλανό σχήμα.



Τα πλαίσια είναι τοποθετημένα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης

$\vec{B}$  με το επίπεδό τους κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

- α. Να υπολογίσετε τον λόγο  $R_1/R_2$  των ωμικών αντιστάσεων που παρουσιάζουν τα πλαίσια  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ .

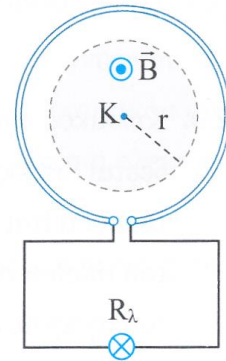
Εάν καταργήσουμε το μαγνητικό πεδίο, από μία διατομή του σύρματος του πλαισίου  $\Pi_1$  διέρχεται φορτίο  $\Delta q_1 = 1 \text{ mC}$ .

- β. Να υπολογίσετε το φορτίο  $\Delta q_2$  που θα διέλθει από μία διατομή του σύρματος του πλαισίου  $\Pi_2$  στον χρόνο που διαρκεί η κατάργηση του μαγνητικού πεδίου.

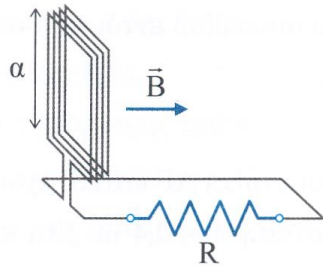
## Προβλήματα προς λύση

31. Τα άκρα μεταλλικού πλαισίου με  $N$  σπείρες και ωμική αντίσταση  $R = 8 \Omega$  συνδέονται με λαμπτήρα πυράκτωσης που έχει στοιχεία κανονικής λειτουργίας  $P_\lambda = 0,5 \text{ W}$  και  $V_\lambda = 1 \text{ V}$ , όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

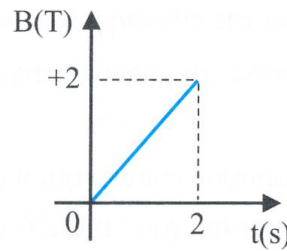
Οι δυναμικές γραμμές κυλινδρικού κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου ακτίνας  $r = 0,2 \text{ m}$  διαπερνούν κάθετα με φορά προς τα επάνω (από τη σελίδα προς τον αναγνώστη) την επιφάνεια των σπειρών του πλαισίου, με την κεντρική εξ αυτών να διέρχεται από το κέντρο  $K$  του πλαισίου. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  η ένταση  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό  $0,5 \text{ T/s}$ , με συνέπεια να αναπτύσσεται στα άκρα του πλαισίου ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή μέτρου  $E_{\text{ΕΠ}} = 2\pi \text{ V}$ .



- Να υπολογίσετε τον αριθμό των σπειρών του πλαισίου.
  - Να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της διαφοράς δυναμικού που επικρατεί στα άκρα του πλαισίου.
  - Να δείξετε ότι ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί κανονικά.
  - Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο θα έπρεπε να αυξάνεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου, προκειμένου ο λαμπτήρας να λειτουργεί κανονικά.
32. Τετράγωνο πλαίσιο με  $N = 40$  σπείρες, μήκος πλευράς  $a = 0,2 \text{ m}$  και γραμμικής ωμικής αντίστασης  $R^* = 0,1 \Omega/\text{m}$  βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Το πλαίσιο είναι κάθετο στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου και στα άκρα του είναι συνδεδεμένος ωμικός αντιστάτης αντίστασης  $R = 0,8 \Omega$ , όπως απεικονίζεται στο σχήμα α. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να αυξάνεται με τον τρόπο που απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος β.



Σχήμα α



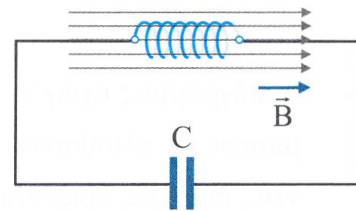
Σχήμα β

Να υπολογίσετε:

- α. Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πλαισίου.
- β. Την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- γ. Τη θερμότητα Joule που εκλύεται μέσω του ωμικού αντιστάτη στο περιβάλλον από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη στιγμή  $t_1 = 2$  s.
- δ. Το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του σύρματος του πλαισίου στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = t_1 - t_0$ .

33. Το σωληνοειδές του διπλανού σχήματος έχει  $N = 1000$  σπείρες εκ των οποίων η καθεμία έχει επιφάνεια εμβαδού  $A = 16 \text{ cm}^2$ .

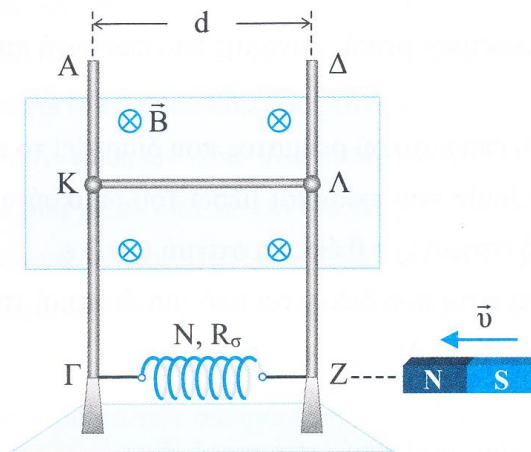
Το σωληνοειδές βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$  οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι παράλληλες προς τον άξονα του σωληνοειδούς. Τα άκρα το σωληνοειδούς έχουν συνδεθεί στους οπλισμούς αφόρτιστου πυκνωτή. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αρχίζουμε να αυξάνουμε με σταθερό ρυθμό την ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου, με αποτέλεσμα η μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς να μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση  $\Phi = 4 \cdot 10^{-4} + \lambda t$  (S.I.), όπου  $\lambda$  θετική σταθερά. Λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς αναπτύσσεται στα άκρα του σωληνοειδούς ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή μέτρου  $E_{\text{ΕΠ}} = 0,4 \text{ V}$ . Εάν στον πυκνωτή αποθηκεύεται ηλεκτρική δυναμική ενέργεια  $U = 8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ , να υπολογίσετε:



- α. Το φορτίο του πυκνωτή.
- β. Την τιμή της σταθεράς  $\lambda$ .

γ. Το μέτρο της έντασης  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου εντός του οποίου βρίσκεται το σωληνοειδές τη χρονική στιγμή  $t = 1$  s.

34. Δύο κατακόρυφοι, ευθύγραμμοι μεταλλικοί στύλοι ΑΓ και ΔΖ έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = 0,4$  m. Στα κάτω άκρα Γ και Ζ των δύο στύλων είναι συνδεδεμένο σωληνοειδές με  $N = 100$  σπείρες και ωμική αντίσταση  $R_{\sigma} = 8 \Omega$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $d$ , μάζας  $m = 0,5$  kg και αντίστασης  $R = 12 \Omega$ , μπορεί να ολισθαίνει επαπτόμενος στους δύο κατακόρυφους στύλους, παραμένοντας διαρκώς οριζόντιος. Αρχικά συγκρατούμε τον αγωγό ΚΛ ακίνητο. Η διάταξη εδράζεται σε οριζόντια βάση από μονωτικό υλικό. Ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $2,5$  T. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο μεταλλικοί στύλοι.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αρχίζουμε να μετακινούμε ραβδόμορφο μαγνήτη κατά μήκος του άξονα του σωληνοειδούς και ταυτόχρονα αφήνουμε ελεύθερο τον αγωγό ΚΛ. Ο μαγνήτης, επενεργώντας σε αυτόν κατάλληλη δύναμη, προσεγγίζει το σωληνοειδές με τέτοιο τρόπο, ώστε ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς να είναι σταθερός και ίσος με  $0,4$  Wb/s. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ακινητοποιούμε τον μαγνήτη. Στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = t_1 - t_0$  ο αγωγός ΚΛ μόλις που ισορροπεί ακίνητος. Να υπολογίσετε:

- α.** Την απόλυτη τιμή της έντασης  $I$  του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό ΚΛ.
- β.** Το μέτρο της οριακής τριβής  $\bar{T}_{op}$  (μέγιστη στατική τριβή) που δέχεται ο αγωγός από τους δύο στύλους.
- γ.** Το έργο  $W$  της δύναμης που ασκούμε στον μαγνήτη το τελευταίο δευτερόλεπτο της κίνησής του.
- δ.** Το μέτρο της επιτάχυνσης  $\bar{a}$  του αγωγού ΚΛ ακριβώς μετά τη χρονική στιγμή  $t_1$ . Το επαγωγικό μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς δεν επηρεάζει τον αγωγό ΚΛ. Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Ενότητα 2<sup>η</sup> Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο-  
Στρεφόμενος αγωγός**

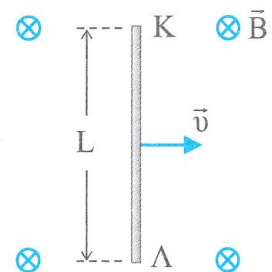
**A. Θέματα πολλαπλής επιλογής**

Για τα θέματα **1 - 17** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

**Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο**

**Ανοιχτό κύκλωμα: Ο αγωγός δεν αποτελεί μέρος κλειστού κυκλώματος**

1. Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός ΚΛ μήκους  $L$  εμφανίζει ωμική αντίσταση  $R$  και κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  σε περιοχή, εκτός βαρυτικού πεδίου, όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.



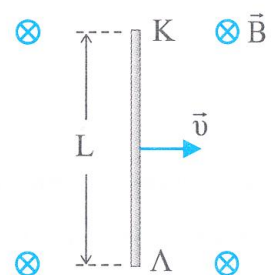
**α.** Τα δυναμικά των άκρων Κ και Λ του αγωγού διαφέρουν κατά απόλυτη τιμή κατά  $BvL$ .

**β.** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό δίνεται από τη σχέση  $I = BvL/R$ .

**γ.** Στον αγωγό ασκείται δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο.

**δ.** Στον αγωγό ασκείται εξωτερική δύναμη, προκειμένου να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

2. Για να διπλασιαστεί η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ευθύγραμμης αγωγίμης ράβδου ΚΛ που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα πρέπει:



**α.** Να υποδιπλασιαστεί το μέτρο της ταχύτητας της ράβδου και να διπλασιαστεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

**β.** Να διπλασιαστούν ταυτόχρονα το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου και το μήκος της ράβδου.

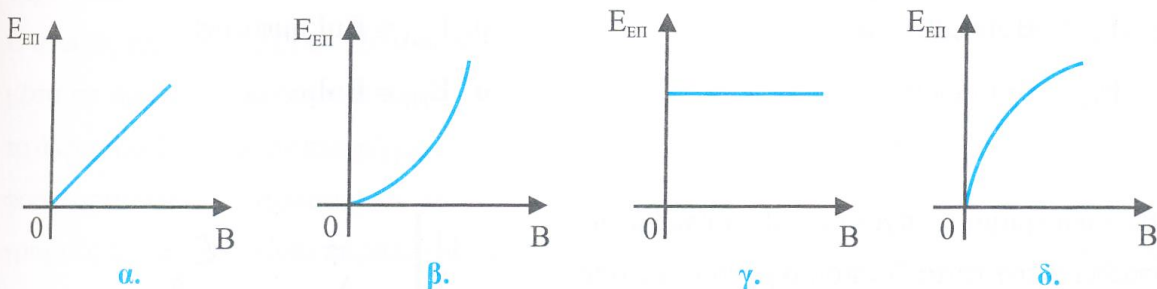
**γ.** Να τετραπλασιαστεί το μέτρο της ταχύτητας της ράβδου και να υποδιπλασιαστεί το μήκος της.

**δ.** Να διπλασιαστούν ταυτόχρονα το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου και το μέτρο της ταχύτητας της ράβδου.

3. Το επίπεδο κίνησης αγώγιμης ράβδου είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Η ράβδος μετατοπίζεται κάθετα στη διεύθυνσή της και η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της έχει μέτρο  $E_{\text{ΕΠ}} = 10 \text{ V}$ . Εάν η ράβδος μετατοπιζόταν παράλληλα προς τη διεύθυνσή της και κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που θα αναπτυσσόταν στα άκρα της θα είχε μέτρο:

- α.  $E_{\text{ΕΠ}} = 0$ .      β.  $E_{\text{ΕΠ}} = 10 \text{ V}$ .      γ.  $E_{\text{ΕΠ}} = 5 \text{ V}$ .      δ.  $E_{\text{ΕΠ}} = 20 \text{ V}$ .

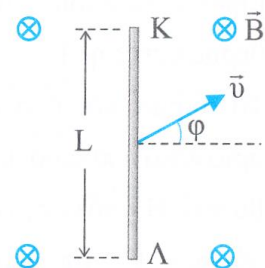
4. Ευθύγραμμος χάλκινος αγωγός κινείται οριζόντια εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Εάν η ταχύτητα του αγωγού είναι κάθετη στη διεύθυνσή του, το διάγραμμα το οποίο απεικονίζει ορθά την απόλυτη τιμή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ}}$  που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού σε συνάρτηση με το μέτρο  $B$  της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι το:



5. Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός ΚΛ μήκους  $L$  κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  σε περιοχή όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}$ , όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού δίνεται από τη σχέση:

- α.  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL\eta\mu\phi$ .      β.  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{BvL}{\eta\mu\phi}$ .  
 γ.  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL\sigma\eta\mu\phi$ .      δ.  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL$ .

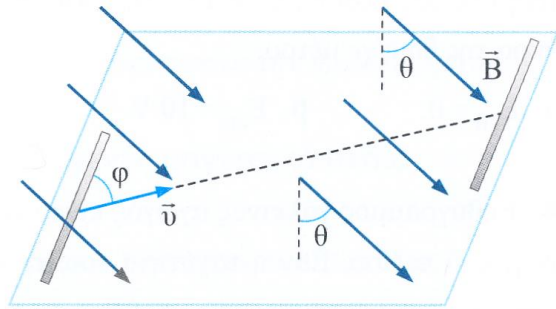


6. Αγωγός κινείται ευθύγραμμα ομαλά μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με τέτοιο τρόπο, ώστε η διεύθυνσή του να σχηματίζει γωνία  $\phi = 30^\circ$  με την ένταση  $\vec{B}$  του πεδίου. Το διάνυσμα της ταχύτητας του αγωγού είναι κάθετο στον αγωγό και η ηλεκτρεγερτική δύναμη

από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του έχει μέτρο  $E_{\text{ΕΠ}}$ . Εάν ήταν  $\varphi = 90^\circ$ , η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που θα αναπτυσσόταν στα άκρα του αγωγού θα είχε μέτρο:

- α.**  $0,5E_{\text{ΕΠ}}$       **β.**  $0$       **γ.**  $3E_{\text{ΕΠ}}$       **δ.**  $2E_{\text{ΕΠ}}$

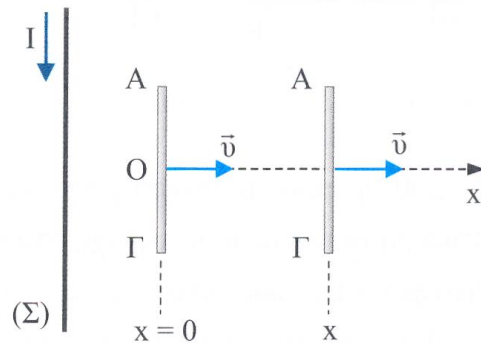
**7.** Ο ευθύγραμμος αγωγός του διπλανού σχήματος έχει μήκος  $L$  και κινείται με ταχύτητα  $\vec{v}$  επί οριζοντίου επιπέδου μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .



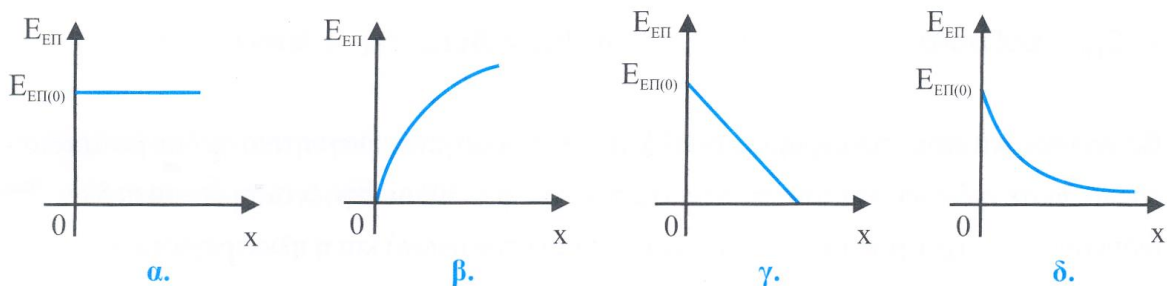
Το διάνυσμα της ταχύτητας του αγωγού σχηματίζει γωνία  $\varphi$  με τη διεύθυνση του αγωγού και οι δυναμικές γραμμές του πεδίου σχηματίζουν γωνία  $\theta$  με την κατακόρυφο. Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού είναι:

- α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL\eta\mu\theta\sigma\upsilon\nu\varphi$       **β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL\eta\mu\varphi\sigma\upsilon\nu\theta$   
**γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL\eta\mu\varphi\eta\mu\theta$       **δ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = BvL$

**8.** Ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  απομακρυνόμενος από ευθύγραμμο ακλόνητο σύρμα (Σ) μεγάλου μήκους, το οποίο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ .



Το σύρμα και ο αγωγός ανήκουν στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και έχουν την ίδια διεύθυνση. Η απόλυτη τιμή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E_{\text{ΕΠ}}$  από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού σε συνάρτηση με τη θέση του  $x$  αποδίδεται ορθά στο διάγραμμα:



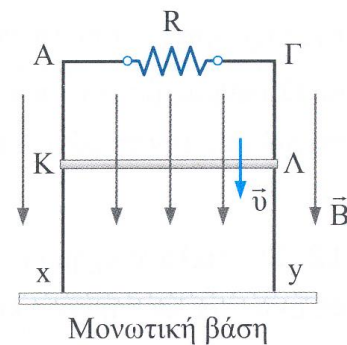
9. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους  $L$  αφήνεται ελεύθερος, χωρίς να του προσδώσουμε αρχική ταχύτητα, από μικρό ύψος  $h$  επάνω από το έδαφος. Ο αγωγός κινείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές οριζόντιου μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ . Εάν το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι  $g$ , η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού θα είναι:

α.  $\frac{dE_{\text{ΕΠ}}}{dt} = B^2 gL$ .      β.  $\frac{dE_{\text{ΕΠ}}}{dt} = BgL^2$ .      γ.  $\frac{dE_{\text{ΕΠ}}}{dt} = BgL$ .      δ.  $\frac{dE_{\text{ΕΠ}}}{dt} = \frac{BgL}{2}$ .

**Κλειστό κύκλωμα: Ο αγωγός αποτελεί μέρος κλειστού κυκλώματος**

10. Ο οριζόντιος αγωγός ΚΛ που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα αφήνεται ελεύθερος να κινηθεί τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , χωρίς να του προσδώσουμε αρχική ταχύτητα.

Ο αγωγός έχει μήκος  $L$ , κινείται σε κατακόρυφο επίπεδο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με τους λείους κατακόρυφους μεταλλικούς στύλους Αx και Γy. Οι μαγνητικές

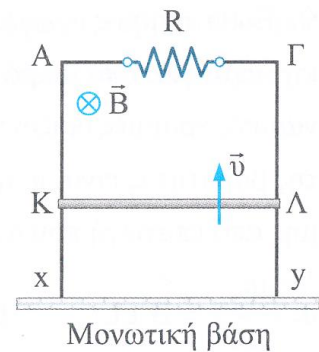


γραμμές του πεδίου είναι παράλληλες προς τους μεταλλικούς στύλους. Τη χρονική στιγμή  $t$  ο αγωγός έχει αποκτήσει ταχύτητα  $\vec{v}$ .

- α. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στα άκρα του αγωγού τη χρονική στιγμή  $t$  έχει μέτρο  $BvL$ .
- β. Ο αγωγός διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά από το άκρο Κ προς το άκρο Λ.
- γ. Η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό τη χρονική στιγμή  $t$  από το μαγνητικό πεδίο έχει σημείο εφαρμογής το μέσον του αγωγού και κατεύθυνση αντίθετη από την κατεύθυνση της ταχύτητας  $\vec{v}$  του αγωγού.
- δ. Το μέτρο της ταχύτητας του αγωγού τη χρονική στιγμή  $t$  ισούται με  $gt$ , όπου  $g$  το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

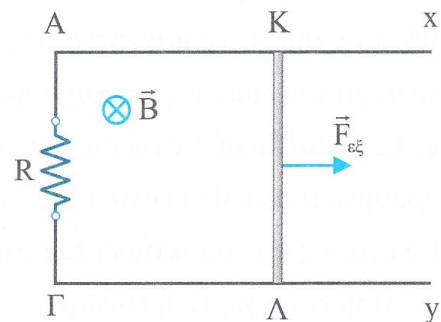
11. Στη διάταξη που απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα ο οριζόντιος αγωγός ΚΛ έχει αμελητέα αντίσταση, μήκος  $L$  και κινείται κατακόρυφα προς τα επάνω με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με τις κατακόρυφες χάλκινες ράβδους Αx και Γy.

Στον χώρο όπου βρίσκεται η διάταξη επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι οριζόντιες, κάθετες στο επίπεδο κίνησης του αγωγού και με φορά τη φορά που φαίνεται στο σχήμα.



- α.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στα άκρα του αγωγού έχει πολικότητα με το (+) στο άκρο Λ.
- β.** Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κλειστό κύκλωμα έχει μέτρο  $I = BvL/R$  και φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- γ.** Η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό από το μαγνητικό πεδίο είναι ομόρροπη της ταχύτητας  $\vec{v}$  του αγωγού.
- δ.** Ο ρυθμός με τον οποίο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται κάθε χρονική στιγμή από την επιφάνεια ΚΛΓΑΚ είναι σταθερός.

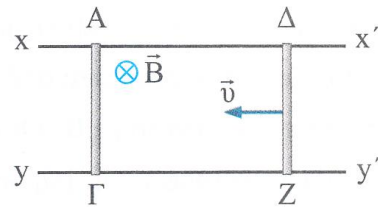
**12.** Στο διπλανό σχήμα ο αγωγός ΚΛ είναι αρχικά ακίνητος και τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές υπό την επίδραση εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}_{εξ}$ .



Τα άκρα Κ και Λ του αγωγού βρίσκονται διαρκώς σε επαφή με τις παράλληλες μεταλλικές ράβδους αμελητέας αντίστασης Αx και Γy. Η διάταξη βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο ράβδοι και έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

- α.** Ο αγωγός επιταχύνεται ομαλά.
- β.** Ο αγωγός μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα θα κινείται με σταθερή ταχύτητα.
- γ.** Ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης με (συμβατική) φορά από το Λ προς το Κ.
- δ.** Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων του αγωγού παραμένει σταθερή.

**13.** Η οριζόντια διάταξη του διπλανού σχήματος βρίσκεται ολόκληρη μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .



Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου έχουν φορά προς τα κάτω (από τον αναγνώστη προς τη σελίδα). Οι μεταλλικοί αγωγοί ΑΓ και ΔΖ μπορούν να κινούνται ελεύθερα και χωρίς τριβές έχοντας τα άκρα τους διαρκώς σε επαφή με τις παράλληλες μεταλλικές σιδηροτροχιές  $xx'$  και  $yy'$ . Οι δύο αγωγοί είναι αρχικά ακίνητοι. Κάποια χρονική στιγμή εκτοξεύουμε τον αγωγό ΔΖ προς τον αγωγό ΑΓ με οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}$ , παράλληλη προς τις σιδηροτροχιές. Αμέσως μετά τη χρονική στιγμή της εκτόξευσης, ο αγωγός ΑΓ:

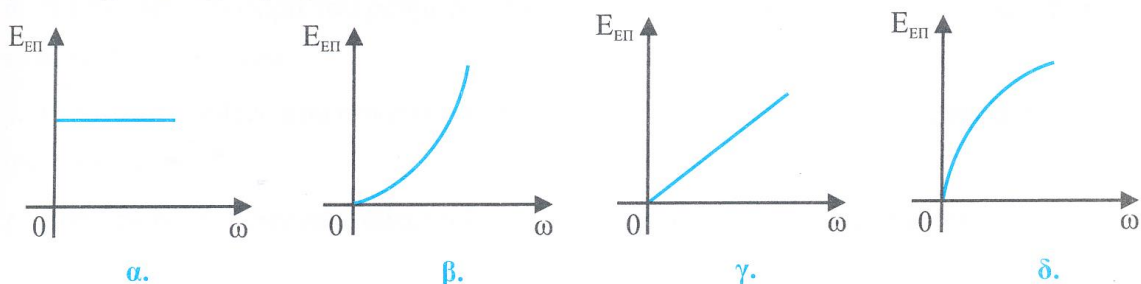
- α. Θα κινηθεί επιταχυνόμενος προς τον αγωγό ΔΖ.
- β. Θα κινηθεί επιταχυνόμενος προς τα άκρα  $x$  και  $y$  των μεταλλικών σιδηροτροχιών.
- γ. Θα παραμείνει ακίνητος.

### ■ Στρεφόμενος αγωγός

**14.** Λεπτή μεταλλική ράβδος μήκους  $L$  στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$  γύρω από άξονα που διέρχεται από το ένα άκρο της. Τα διανύσματα που αναπαριστούν την ένταση του μαγνητικού πεδίου και τη γωνιακή ταχύτητα της ράβδου είναι ομόρροπα. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου έχει μέτρο:

- α.  $E_{\text{ΕΠ}} = B\omega L^2$ .
- β.  $E_{\text{ΕΠ}} = 2B\omega L^2$ .
- γ.  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{B\omega L^2}{4}$ .
- δ.  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{B\omega L^2}{2}$ .

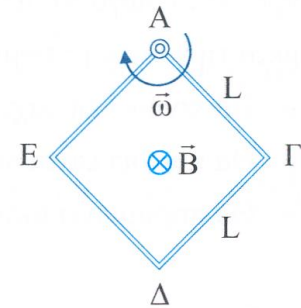
**15.** Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός στρέφεται οριζόντια εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου, γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το ένα άκρο του. Το διάγραμμα το οποίο απεικονίζει ορθά το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ}}$  που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού σε συνάρτηση με το μέτρο  $\omega$  της γωνιακής του ταχύτητας είναι το:



**16.** Λεπτή χάλκινη ράβδος μήκους  $L$  στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από άξονα που διέρχεται από το μέσον της. Η ράβδος βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι παράλληλες προς τον άξονα περιστροφής της ράβδου. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου είναι:

**α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{B\omega L^2}{2}$ .      **β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 0$ .      **γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \frac{B\omega L^2}{4}$ .      **δ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 2B\omega L^2$ .

**17.** Το κλειστό μεταλλικό πλαίσιο ΑΓΔΕ σχήματος ρόμβου που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\bar{\omega}$  γύρω από οριζόντιο άξονα κάθετο στο επίπεδο του πλαισίου, ο οποίος διέρχεται από την κορυφή Α του τελευταίου.



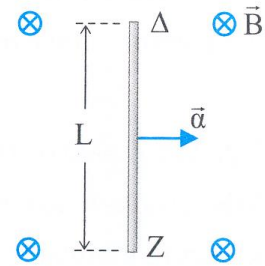
Στον χώρο περιστροφής του πλαισίου επικρατεί μεγάλης έκτασης ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι οριζόντιες και παράλληλες στον άξονα περιστροφής του πλαισίου.

- α.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο ισούται με  $(1/2)B\omega L^2$ , όπου  $L$  το μήκος της πλευράς του πλαισίου.
- β.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου μεταβάλλεται με τον χρόνο.
- γ.** Το πλαίσιο δεν διαρρέεται από ρεύμα.
- δ.** Το πλαίσιο αποδίδει στο περιβάλλον θερμότητα Joule ανάλογη του μέτρου της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του.

**Β. Θέματα του τύπου Σωστό / Λάθος**

Να χαρακτηρίσετε κάθε πρόταση από τα θέματα 18 – 22 με το γράμμα **Σ**, αν είναι σωστή, ή με το γράμμα **Λ**, αν είναι λανθασμένη.

**18.** Ευθύγραμμος χάλκινος αγωγός ΔΖ μήκους  $L$  ηρεμεί σε περιοχή εκτός βαρυτικού πεδίου, όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Ο αγωγός ΔΖ εμφανίζει ωμική αντίσταση  $R$  και αρχίζει να κινείται με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{a}$ , κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.



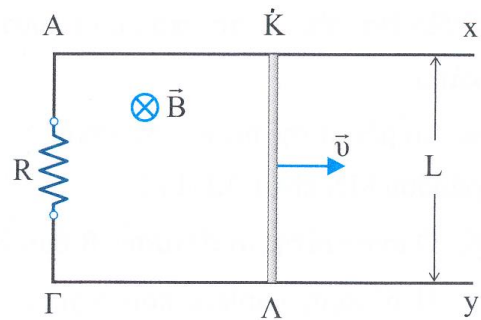
**α.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού ΔΖ είναι ανεξάρτητη του χρόνου.

**β.** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό είναι  $I = BvL/R$ .

**γ.** Η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό ΔΖ από το μαγνητικό πεδίο είναι ομόρροπη της επιτάχυνσης  $\vec{a}$  του αγωγού.

**δ.** Στον αγωγό ασκείται εξωτερική δύναμη προκειμένου να κινείται με σταθερή επιτάχυνση.

**19.** Αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  επάνω σε δύο λείους παράλληλους αγωγούς Αx και Γy μένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μεταξύ τους με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αμελητέας ωμικής αντίστασης αγωγοί, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



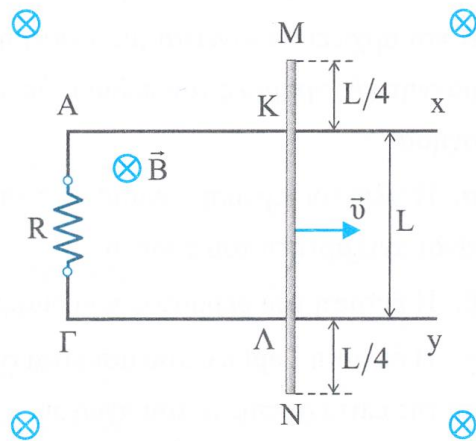
**α.** Η (συμβατική) φορά του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό είναι από το άκρο Κ προς το άκρο Λ του αγωγού.

**β.** Η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό από το μαγνητικό πεδίο είναι ανεξάρτητη του χρόνου.

**γ.** Στον αγωγό ΚΛ δεν απαιτείται η δράση εξωτερικής δύναμης για να κινείται ισοταχώς.

- δ.** Η ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη, λόγω φαινομένου Joule, ισούται με την απόλυτη τιμή του έργου της δύναμης Laplace που ασκείται στον αγωγό ΚΛ από το μαγνητικό πεδίο.
- ε.** Το επαγωγικό φορτίο που διαρρέει την αντίσταση R είναι ανάλογο του μέτρου της μετατόπισης του αγωγού ΚΛ.

**20.** Στο διπλανό σχήμα η οριζόντια ράβδος MN έχει αμελητέα αντίσταση, μήκος  $1,5L$  και κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  ευρισκόμενη διαρκώς σε επαφή με τις παράλληλες οριζόντιες σιδηροτροχιές Ax και Γy στα σημεία της K και Λ, τα οποία απέχουν απόσταση  $L/4$  από τα άκρα M και N της ράβδου αντίστοιχα. Η ράβδος είναι κάθετη στις σιδηροτροχιές και η ταχύτητά της παράλληλη προς αυτές.



Οι σιδηροτροχιές παρουσιάζουν ασήμαντη ωμική αντίσταση. Στον χώρο της διάταξης υπάρχει μεγάλης έκτασης ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , το οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω.

- α.** Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου MN είναι  $3BvL/2$ .
- β.** Ο αντιστάτης αντίστασης R διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I = 3BvL/2R$ .
- γ.** Η δύναμη Laplace που δέχεται η ράβδος MN από το μαγνητικό πεδίο έχει μέτρο  $F = B^2vL^2/R$ .
- δ.** Η τάση στα άκρα του αντιστάτη είναι  $V_{A\Gamma} = BvL$ .

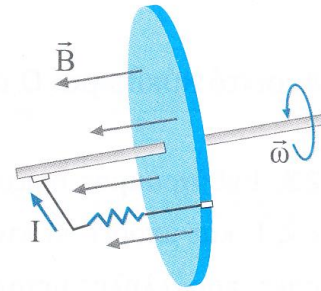
**21.** Αγωγός μήκους L στρέφεται εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου, κάθετα στις μαγνητικές γραμμές, γύρω από κατακόρυφο άξονα ο οποίος διέρχεται από σημείο του αγωγού. Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού:

- α.** Είναι ανάλογο της συχνότητας περιστροφής του αγωγού.
- β.** Είναι ανάλογο του μήκους L του αγωγού.

- γ. Είναι ανεξάρτητο του μέτρου της έντασης  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου.
- δ. Είναι μέγιστο, εάν ο άξονας διέρχεται από το άκρο του αγωγού.
- ε. Ισούται με μηδέν, εάν ο άξονας διέρχεται από το μέσον του αγωγού.

**22.** Στο διπλανό σχήμα απεικονίζεται μεταλλικός δίσκος ακτίνας  $r$  ο οποίος στρέφεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$ .

Ο άξονας περιστροφής του δίσκου είναι κάθετος στο επίπεδο του δίσκου και διέρχεται από το κέντρο του. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου είναι παράλληλες προς τον άξονα περιστροφής του δίσκου.



- α. Τα σημεία της περιφέρειας του δίσκου βρίσκονται σε υψηλότερο δυναμικό από το κέντρο του δίσκου.
- β. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ ενός σημείου της περιφέρειας του δίσκου και του κέντρου του είναι ανεξάρτητη από τη φορά περιστροφής του δίσκου.
- γ. Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται ανάμεσα στο κέντρο και σε οποιοδήποτε σημείο της περιφέρειας του δίσκου δίνεται από τη σχέση  $E_{\text{ΕΠ}} = (1/2)B\omega r^2$ .
- δ. Το μέτρο της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη του κυκλώματος αυξάνεται, εάν αυξηθεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου.
- ε. Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δύο σημεία Z και H της περιφέρειας του δίσκου υπολογίζεται από τη σχέση  $V_Z - V_H = (1/2)B\omega r^2$ .

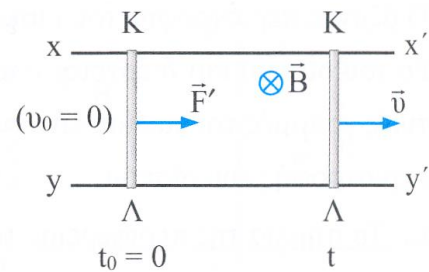
Γ. Θέματα πολλαπλής επιλογής με αιτιολόγηση

Στα θέματα 23 - 36 να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

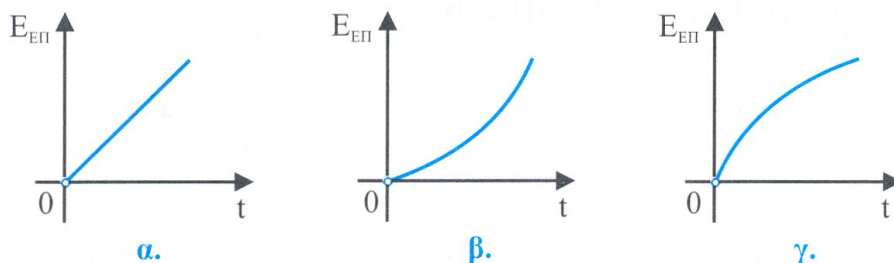
■ Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο

Ανοιχτό κύκλωμα: Ο αγωγός δεν αποτελεί μέρος κλειστού κυκλώματος

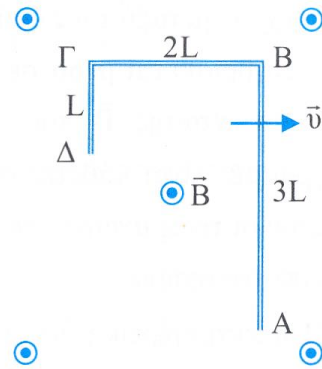
23. Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός ΚΛ έχει μήκος  $L$  και μπορεί να κινείται επάνω σε δύο οριζόντιες, παράλληλες μεταλλικές ράβδους  $xx'$  και  $yy'$  μεγάλου μήκους. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι κάθετες στο επίπεδο που δημιουργούν οι δύο ράβδοι, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκείται στον αγωγό ΚΛ σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}'$  παράλληλη προς τις δύο ράβδους, με συνέπεια ο αγωγός να αρχίσει να κινείται με σταθερή επιτάχυνση έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με τις ράβδους και παραμένοντας κάθετος σε αυτές. Η γραφική παράσταση που απεικονίζει ορθά το μέτρο  $E_{\text{ΕΠ}}$  της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού ΚΛ σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  είναι η:



**24.** Χάλκινο σύρμα κάμπτεται με τον τρόπο που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα. Το σύρμα κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$  εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\bar{B}$ , κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Τα ευθύγραμμα τμήματα AB, BΓ και ΓΔ του σύρματος έχουν μήκη  $3L$ ,  $2L$  και  $L$  αντίστοιχα.



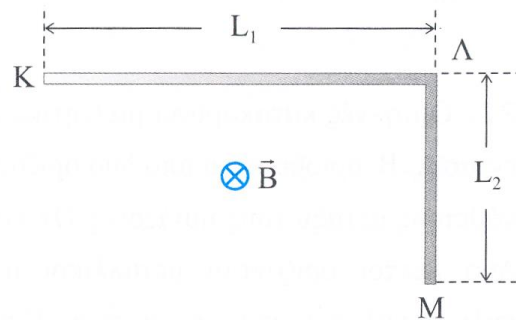
Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων A και Δ του σύρματος είναι:

**α.**  $V_A - V_\Delta = 4BvL$ .

**β.**  $V_A - V_\Delta = 3BvL$ .

**γ.**  $V_A - V_\Delta = 2BvL$ .

**25.** Η διάταξη του διπλανού σχήματος αποτελείται από δύο λεπτούς ομογενείς αγωγούς ΚΛ και ΛΜ με μήκη  $L_1$  και  $L_2$  αντίστοιχα και βρίσκεται εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\bar{B}$ .



Οι αγωγοί ορίζουν οριζόντιο επίπεδο και είναι ακλόνητα συγκολλημένοι στο κοινό άκρο τους Λ, έτσι ώστε να σχηματίζουν ορθή γωνία μεταξύ τους. Η διάταξη αρχίζει να κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ . Εάν η ταχύτητα  $\bar{v}$  είναι κάθετη στον αγωγό ΚΛ, το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της διάταξης είναι  $E_1$ . Εάν η ταχύτητα  $\bar{v}$  είναι κάθετη στον αγωγό ΛΜ, το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της διάταξης είναι  $E_2$ . Εάν η ταχύτητα  $\bar{v}$  είναι κάθετη στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΜ, το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της διάταξης θα είναι:

**α.**  $E = \frac{E_1 + E_2}{2}$ .

**β.**  $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ .

**γ.**  $E = E_1 + E_2$ .

**26.** Ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους κινείται επάνω σε δύο παράλληλους οδηγούς Ax και Γy, μένοντας συνεχώς σε επαφή και σχηματίζοντας σταθερή γωνία  $\varphi$  με αυτούς. Ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$  παράλληλη προς τους δύο οδηγούς, οι οποίοι

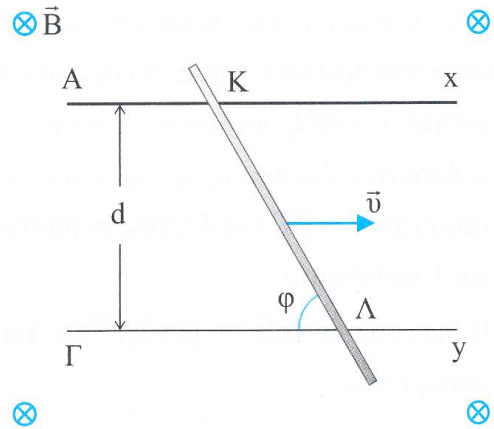
απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αγωγοί, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται μεταξύ των σημείων επαφής  $K$  και  $\Lambda$  του αγωγού με τους οδηγούς  $Ax$  και  $\Gamma y$  έχει μέτρο:

**α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = Bvd\sin\varphi$ .

**β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = Bvd\eta\mu\varphi$ .

**γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = Bvd$ .



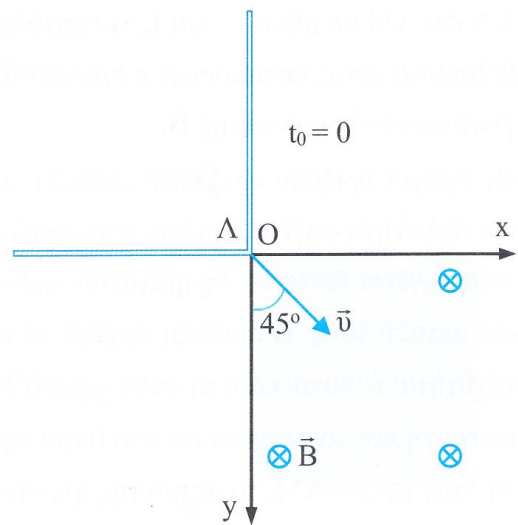
**27.** Ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  οριοθετείται από δύο οριζόντιους κάθετους μεταξύ τους ημιάξονες  $Ox$  και  $Oy$ . Δύο λεπτοί οριζόντιοι μεταλλικοί αγωγοί πολύ μεγάλου μήκους είναι συγκολλημένοι στο κοινό άκρο τους  $\Lambda$ , έτσι ώστε να σχηματίζουν ορθή γωνία μεταξύ τους. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  οι δύο αγωγοί βρίσκονται στην προέκταση των ημιαξόνων με το κοινό άκρο τους  $\Lambda$  στην αρχή  $O$ . Η διάταξη των δύο αγωγών κινείται με ταχύτητα  $\vec{v}$  κατά μήκος της διχοτόμου της γωνίας ( $xOy$ ), όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής  $d\Phi/dt$  που διέρχεται από την επιφάνεια την οποία «σαρώνει» η διάταξη των δύο αγωγών σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  δίνεται από τη σχέση:

**α.**  $\frac{d\Phi}{dt} = 2Bv^2t$ .

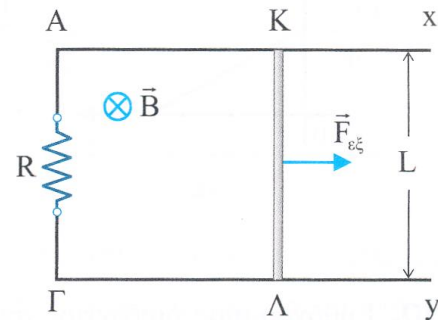
**β.**  $\frac{d\Phi}{dt} = \frac{Bv^2t}{2}$ .

**γ.**  $\frac{d\Phi}{dt} = Bv^2t$ .



**Κλειστό κύκλωμα: Ο αγωγός αποτελεί μέρος κλειστού κυκλώματος**

**28.** Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός ΚΛ μήκους  $L$  και αντίστασης  $R$  κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  έχοντας τα άκρα του Κ και Λ διαρκώς σε επαφή με τους οριζόντιους αμελητέας ωμικής αντίστασης οδηγούς Αx και Γy και παραμένοντας κάθετος σε αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο οδηγών συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης  $R$ , όπως δείχνει το διπλανό σχήμα.



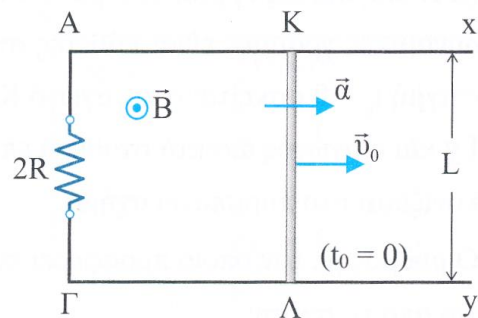
Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές έχουν φορά προς τα κάτω. Η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ των άκρων Κ και Λ του αγωγού δίνεται από τη σχέση:

**α.**  $V_K - V_\Lambda = \frac{1}{2} BvL.$

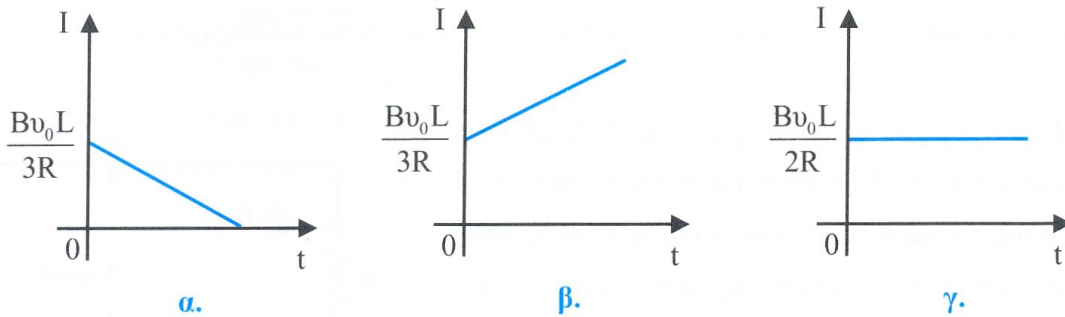
**β.**  $V_K - V_\Lambda = BvL.$

**γ.**  $V_K - V_\Lambda = 2BvL.$

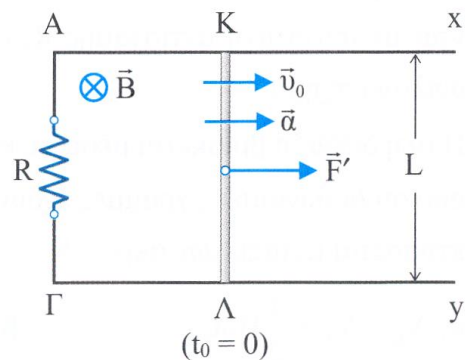
**29.** Ο οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ του διπλανού σχήματος έχει μήκος  $L$ , ωμική αντίσταση  $R$  και εκτοξεύεται τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  με ταχύτητα  $\vec{v}_0$  παράλληλη στους οριζόντιους αμελητέας αντίστασης μεταλλικούς οδηγούς Αx και Γy. Οι μεταλλικοί οδηγοί απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L$ . Στον αγωγό ασκείται κατάλληλη δύναμη, ώστε να κινείται με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{a}$ , έχοντας τα άκρα του Κ και Λ διαρκώς σε επαφή με τους δύο οδηγούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο οδηγών συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης  $2R$ , όπως δείχνει το παραπάνω σχήμα.



Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο, μεγάλης έκτασης ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές έχουν φορά προς τα πάνω (από τη σελίδα προς τον αναγνώστη). Το διάγραμμα το οποίο απεικονίζει ορθά τη χρονική μεταβολή της έντασης  $I$  του επαγωγικού ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι το:



**30.** Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός ΚΛ μήκους  $L$  και αντίστασης  $R$  κινείται με ταχύτητα  $\bar{v}_0$  επάνω σε δύο ευθύγραμμους, λείους, οριζόντιους παράλληλους αγωγούς Αx και Γy, αμελητέας αντίστασης, μένοντας συνεχώς κάθετος και έχοντας τα άκρα του σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των αγωγών Αx και Γy συνδέονται μεταξύ τους με αντιστάτη αντίστασης  $R$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αγωγοί. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκείται στον αγωγό ΚΛ δύναμη  $\vec{F}'$ , παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy και ο αγωγός αποκτά σταθερή επιτάχυνση  $\bar{\alpha}$ , ομόρροπη της ταχύτητας  $\bar{v}_0$ , όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



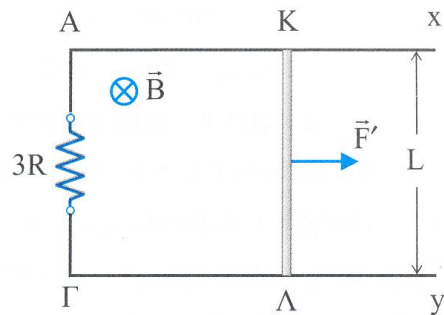
Ο ρυθμός με τον οποίο προσφέρει ενέργεια η εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  στον αγωγό ΚΛ δίνεται από τη σχέση:

**α.**  $P_{F'} = \frac{B^2(v_0 + \alpha t)^2 L^2}{2R}$ .

**β.**  $P_{F'} = m\alpha v_0 + \frac{B^2(\alpha t)^2 L^2}{2R}$ .

**γ.**  $P_{F'} = m\alpha(v_0 + \alpha t) + \frac{B^2(v_0 + \alpha t)^2 L^2}{2R}$ .

**31.** Αγωγός ΚΛ μήκους  $L$ , μάζας  $m$  και αντίστασης  $R$ , μπορεί να κινείται χωρίς τριβές επάνω σε δύο παράλληλους αγωγούς Αx και Γy, αμελητέας αντίστασης, μένοντας συνεχώς κάθετος και έχοντας τα άκρα του σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μεταξύ τους με αντιστάτη αντίστασης  $3R$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αγωγοί, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



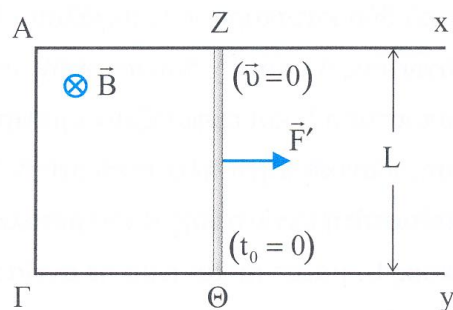
Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος. Ασκώντας στον αγωγό ΚΛ σταθερή εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$ , παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy, ο αγωγός αποκτά κάποια χρονική στιγμή σταθερή κινητική ενέργεια ίση με:

**α.**  $\frac{8mF'^2R^2}{B^4L^4}$ .

**β.**  $\frac{4mF'^2R^2}{B^4L^4}$ .

**γ.**  $\frac{2mF'^2R^2}{B^4L^4}$ .

**32.** Ευθύγραμμος αγωγός ΖΘ μήκους  $L$  και ωμικής αντίστασης  $R$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές επάνω σε δύο παράλληλους αγωγούς Αx και Γy, αμελητέας αντίστασης, μένοντας συνεχώς κάθετος και έχοντας τα άκρα σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό αμελητέας αντίστασης. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση έχει μέτρο  $B$  και οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αγωγοί, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



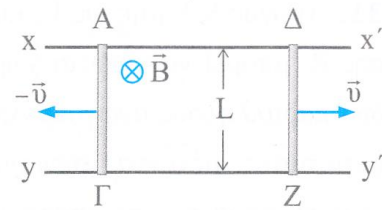
Αρχικά ο αγωγός ΖΘ είναι ακίνητος. Ασκούμε τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  στον αγωγό ΖΘ σταθερή δύναμη  $\vec{F}'$  παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy. Ο αγωγός αποκτά κάποια χρονική στιγμή σταθερή (οριακή) ταχύτητα μέτρου  $v_{op}$ . Εάν το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου ήταν  $B' = 2B$ , η σταθερή (οριακή) ταχύτητα που θα αποκτούσε ο αγωγός θα είχε μέτρο:

**α.**  $v'_{op} = 2v_{op}$ .

**β.**  $v'_{op} = \frac{v_{op}}{2}$ .

**γ.**  $v'_{op} = \frac{v_{op}}{4}$ .

**33.** Δύο λείοι, ευθύγραμμοι, οριζώντιοι μεταλλικοί οδηγοί  $xx'$  και  $yy'$ , αμελητέας ωμικής αντίστασης, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L$ . Οι ευθύγραμμοι αγωγοί  $A\Gamma$  και  $\Delta Z$  μήκους  $L$  και ωμικής αντίστασης  $R$  ο καθένας έχουν τα άκρα τους σε επαφή με τους δύο οδηγούς και είναι κάθετοι σε αυτούς.



Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι κατακόρυφες και έχουν φορά προς τα κάτω. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  εκτοξεύουμε τους δύο αγωγούς προς αντίθετες κατευθύνσεις με ταχύτητες των οποίων τα διανύσματα είναι παράλληλα προς τους οδηγούς και έχουν το ίδιο μέτρο  $v$ , όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

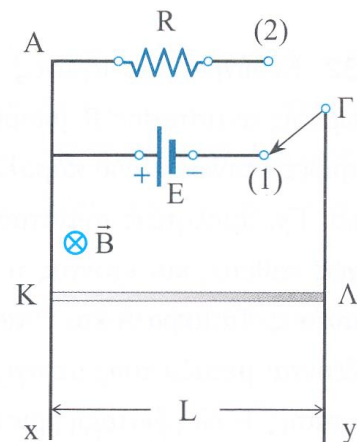
Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κλειστό κύκλωμα τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έχει μέτρο:

**α.**  $I = \frac{BvL}{R}$ .

**β.**  $I = \frac{2BvL}{R}$ .

**γ.**  $I = 0$ .

**34.** Η διάταξη του διπλανού σχήματος αποτελείται από δύο κατακόρυφους μεγάλου μήκους μεταλλικούς αγωγούς  $Ax$  και  $\Gamma y$  που απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L$  και εμφανίζουν αμελητέα ωμική αντίσταση, ιδανική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$ , ωμικό αντιστάτη αντίστασης  $R$  και μεταλλικό αγωγό  $K\Lambda$  μήκους  $L$ , μάζας  $m$  και ωμικής αντίστασης  $R$ . Ο αγωγός  $K\Lambda$  έχει τα άκρα του  $K$  και  $\Lambda$  επάνω στους κατακόρυφους αγωγούς  $Ax$  και  $\Gamma y$  και είναι κάθετος σ' αυτούς. Ο μεταγωγός  $\mu$  μπορεί να μετακινείται μεταξύ των θέσεων (1) και (2). Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , κάθετης διεύθυνσης στο επίπεδο των αγωγών  $Ax$  και  $\Gamma y$ .



Αρχικά ο μεταγωγός  $\mu$  βρίσκεται στη θέση (1) και ο αγωγός  $K\Lambda$  είναι ακίνητος. Στη συνέχεια, ο μεταγωγός μεταφέρεται ακαριαία στη θέση (2) και σύντομα ο αγωγός  $K\Lambda$  αποκτά οριακή ταχύτητα μέτρου:

**α.**  $v_{op} = \frac{E^2}{mgR}$ .

**β.**  $v_{op} = \frac{2E^2}{mgR}$ .

**γ.**  $v_{op} = \frac{E^2}{2mgR}$ .

Δίνεται το μέτρο  $g$  της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Στρεφόμενος αγωγός

35. Στρεφόμενος αγωγός μήκους  $L$  εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου αναπτύσσει μεταξύ των άκρων του ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή ίση με  $E_{\text{ΕΠ}}$ . Ο αγωγός στρέφεται κάθετα στις μαγνητικές γραμμές, γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το ένα του άκρο. Εάν ο άξονας περιστροφής του αγωγού διέλθει από σημείο του αγωγού το οποίο απέχει απόσταση  $L/4$  από το ένα άκρο του και ο αγωγός στρέφεται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα που στρεφόταν αρχικά, τότε η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή μεταξύ των δύο άκρων του (κατά απόλυτη τιμή) θα είναι ίση με:

α.  $\frac{E_{\text{ΕΠ}}}{4}$ .

β.  $\frac{E_{\text{ΕΠ}}}{2}$ .

γ.  $\frac{E_{\text{ΕΠ}}}{3}$ .

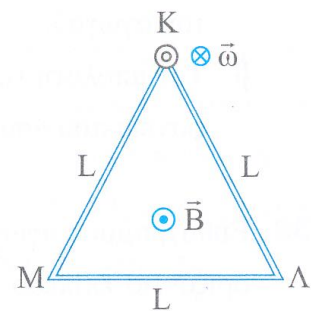
36. Το οριζόντιο μεταλλικό ισόπλευρο τριγωνικό πλαίσιο ΚΛΜ του διπλανού σχήματος έχει πλευρά μήκους  $L$  και περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$  γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από την κορυφή του Κ.

Στον χώρο του πλαισίου επικρατεί μεγάλης έκτασης ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι παράλληλες με τον άξονα περιστροφής του πλαισίου. Το πλαίσιο έχει αμελητέα ωμική αντίσταση και οι κατευθύνσεις των διανυσμάτων  $\vec{\omega}$  και  $\vec{B}$  είναι αυτές που φαίνονται στο σχήμα. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα της πλευράς ΜΛ του πλαισίου είναι:

α.  $V_M - V_\Lambda = \frac{1}{2} B\omega L^2$ .

β.  $V_M - V_\Lambda = B\omega L^2$ .

γ.  $V_M - V_\Lambda = 0$ .



## Ασκήσεις προς λύση

### ■ Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο

#### A. Ανοικτό κύκλωμα: Ο αγωγός δεν αποτελεί μέρος κλειστού κυκλώματος

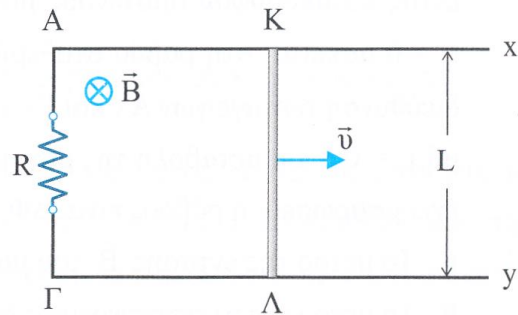
- 37.** Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,5 \text{ m}$  κινείται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Η ταχύτητα  $\vec{v}$  του αγωγού είναι σταθερή, κάθετη στον αγωγό και στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου και έχει μέτρο  $2 \text{ m/s}$ . Να υπολογίσετε:
- Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού.
  - Την απόλυτη τιμή της μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια που «σαρώνει» ο αγωγός σε χρόνο  $\Delta t = 4 \text{ s}$ .
- 38.** Ευθύγραμμος αγωγός ΔΖ μήκους  $L = 1 \text{ m}$  και μάζας  $m = 0,2 \text{ kg}$  μετατοπίζεται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , κάθετη στη διεύθυνσή του. Ο αγωγός βρίσκεται εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $4 \text{ T}$ . Εάν σε χρόνο  $\Delta t = 1,25 \text{ s}$  ο αγωγός μετατοπίζεται κατά  $\Delta x = 2,5 \text{ m}$ , να υπολογίσετε:
- Το μέτρο της ορμής του αγωγού.
  - Την απόλυτη τιμή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ του άκρου Δ και του μέσου Μ του αγωγού.
- 39.** Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,1 \text{ m}$  κινείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Η ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου  $4 \text{ m/s}$ , του αγωγού έχει διεύθυνση η οποία σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με τον αγωγό.
- Εάν τα άκρα του αγωγού συνδεθούν σε διάταξη με τέτοιον τρόπο, ώστε να προκύψει κλειστό κύκλωμα, να υπολογίσετε την ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα φορτίου που προσφέρει ο κινούμενος αγωγός στο κύκλωμα.
  - Να υπολογίσετε τη γωνία που πρέπει να σχηματίζει ο αγωγός με το διάνυσμα της ταχύτητάς του ώστε, κινούμενος κάθετα στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, η επαγωγική τάση στα άκρα του να ισούται με μηδέν.

- 40.** Δύο παράλληλοι αγωγοί Αx και Γz αμελητέας αντίστασης ορίζουν οριζόντιο επίπεδο. Ακίνητη οριζόντια μεταλλική ράβδος ΚΛ, μάζας  $m = 1 \text{ kg}$  και μήκους  $L = 1 \text{ m}$ , μπορεί να κινείται χωρίς τριβές επάνω στους δύο αγωγούς έχοντας συνεχώς τα άκρα της σε επαφή και σχηματίζοντας σταθερή γωνία  $\varphi = 90^\circ$  με αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκείται στη ράβδο σταθερή δύναμη  $\vec{F}'$  μέτρου  $2 \text{ N}$ , ίδιας διεύθυνσης με τη διεύθυνση των αγωγών Αx και Γz. Από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,5 \text{ s}$  η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια που έχει «σαρώσει» η ράβδος είναι  $\Delta\Phi = 1 \text{ Wb}$ . Να υπολογίσετε:
- Το μέτρο της έντασης  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου.
  - Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου ΚΛ τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
- 41.** Μεταλλική ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΔZ μάζας  $m = 0,5 \text{ kg}$  ηρεμεί επάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο εντός ομογενούς κατακόρυφου μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκείται στο μέσον της ράβδου και κάθετα προς αυτήν οριζόντια δύναμη  $\vec{F}'$ , μέτρου  $4 \text{ N}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$  η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στα άκρα της ράβδου είναι  $E_{\text{ΕΠ}} = 4 \text{ V}$ . Να υπολογίσετε:
- Το μήκος  $L$  της ράβδου.
  - Τον ρυθμό μεταβολής της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης στα άκρα της ράβδου.
- 42.** Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,4 \text{ m}$  και μάζας  $m = 1 \text{ kg}$  κινείται με ταχύτητα  $\vec{v}_0$ , μέτρου  $4 \text{ m/s}$ , επάνω σε οριζόντια επιφάνεια εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $0,5 \text{ T}$ . Ο αγωγός μετατοπίζεται κάθετα στη διεύθυνσή του και τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αρχίζει να επιταχύνεται ομαλά χωρίς να μεταβάλλεται η κατεύθυνση της κίνησής του. Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 3 \text{ s}$  ο αγωγός ΚΛ έχει ταχύτητα  $\vec{v}_1$ , μέτρου  $10 \text{ m/s}$ .
- Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
  - Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού. Στη συνέχεια να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση  $E_{\text{ΕΠ}} = f(t)$  σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq t_1$ .

**Β. Κλειστό κύκλωμα: Ο αγωγός αποτελεί μέρος κλειστού κυκλώματος**

**Β1.** Ο αγωγός εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ( $\bar{u} = \text{σταθ.}$ )

**43.** Στο κύκλωμα του διπλανού σχήματος οι αγωγοί Ax και Γy είναι οριζόντιοι, έχουν μεγάλο μήκος και αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα A και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μέσω αντιστάτη αντίστασης  $R = 4 \Omega$ . Ο οριζόντιος αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,2 \text{ m}$  έχει αμελητέα ωμική αντίσταση και κινείται χωρίς τριβές επάνω στους αγωγούς Ax και Γy με σταθερή ταχύτητα  $\bar{u}$ , μέτρου  $10 \text{ m/s}$ .



Η διάταξη των τριών αγωγών βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\bar{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Ο αγωγός ΚΛ έχει τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με τους αγωγούς Ax και Γy και παραμένει κάθετος σε αυτούς.

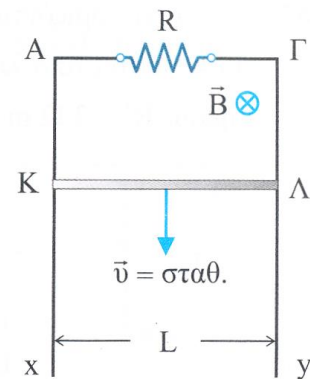
- α.** Να σχεδιάσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ και στη συνέχεια να υπολογίσετε την έντασή του.
- β.** Να σχεδιάσετε το διάνυσμα το οποίο αναπαριστά τη δύναμη Laplace  $\vec{F}$  που δέχεται ο αγωγός ΚΛ από το μαγνητικό πεδίο και στη συνέχεια να υπολογίσετε το μέτρο του.

**44.** Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ με μήκος  $L = 1 \text{ m}$  και ωμική αντίσταση  $R = 4 \Omega$  κινείται ευθύγραμμα και ομαλά έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με δύο οριζόντιες, παράλληλες μεταλλικές ράβδους Ax και Γy, μεγάλου μήκους και αμελητέας αντίστασης οι οποίες απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $L = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα A και Γ των δύο ράβδων είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R' = 6 \Omega$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\bar{B}$ , μέτρου  $0,5 \text{ T}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο ράβδοι και ο αγωγός. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων Κ και Λ του αγωγού είναι  $V_{\text{ΚΛ}} = 12 \text{ V}$ . Να υπολογίσετε:

- α.** Την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνεται στο κύκλωμα.
- β.** Το μέτρο της ταχύτητας του αγωγού ΚΛ.

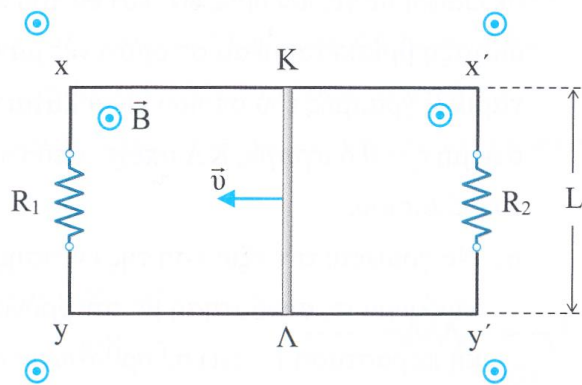
45. Στο διπλανό σχήμα απεικονίζονται δύο κατακόρυφοι μεταλλικοί οδηγοί μεγάλου μήκους Αx και Γy που απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L = 0,5 \text{ m}$  και εμφανίζουν αμελητέα ωμική αντίσταση.

Τα άκρα Α και Γ των δύο οδηγών συνδέονται μεταξύ τους μέσω ωμικού αντιστάτη ο οποίος εμφανίζει αντίσταση  $R = 5 \Omega$ . Χάλκινος αγωγός ΚΛ μήκους  $L$ , ασήμαντης ωμικής αντίστασης και βάρους μέτρου  $w = 4 \text{ N}$ , κινείται ευθύγραμμα ομαλά με φορά προς τα κάτω, έχοντας τα άκρα του Κ και Λ συνεχώς σε επαφή με τους οδηγούς Αx και Γy, παραμένοντας κάθετος σε αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $2 \text{ T}$ , κάθετης διεύθυνσης στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο οδηγοί. Να υπολογίσετε:



- α. Το ηλεκτρικό φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού ΚΛ σε χρόνο  $\Delta t = 2,5 \text{ s}$ .
- β. Τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η βαρυτική δυναμική ενέργεια του αγωγού ΚΛ.

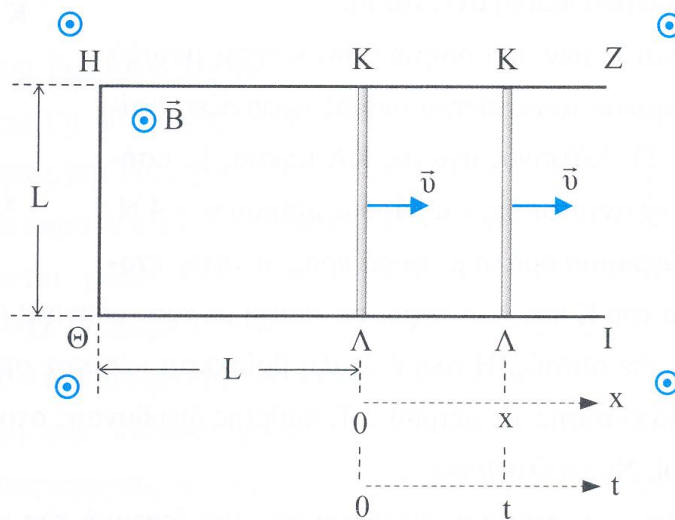
46. Στο κύκλωμα του διπλανού σχήματος οι ωμικοί αντιστάτες έχουν αντίσταση  $R_1 = 2 \Omega$  και  $R_2 = 0,5 \Omega$ . Η μεταλλική ράβδος ΚΛ έχει μήκος  $L = 0,5 \text{ m}$ , ωμική αντίσταση  $R = 2,1 \Omega$  και κινείται χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου  $5 \text{ m/s}$ .



Τα άκρα της ράβδου ΚΛ είναι διαρκώς σε επαφή με τα αμελητέας ωμικής αντίστασης παράλληλα σύρματα  $xx'$  και  $yy'$ . Η ένταση  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου έχει μέτρο  $2 \text{ T}$  και διεύθυνση κάθετη στη διάταξη.

- α. Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη ράβδο ΚΛ.
- β. Να υπολογίσετε το μέτρο της εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}'$  που πρέπει να ασκείται στη ράβδο ΚΛ, προκειμένου αυτή να κινείται με σταθερή ταχύτητα.
- γ. Να επιβεβαιώσετε την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

47. Το ανοιχτό οριζόντιο πλαίσιο ΖΗΘΙ που απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα έχει κατασκευαστεί από λεπτό ισοπαχές χάλκινο σύρμα με ωμική αντίσταση ανά μονάδα μήκους  $R^* = 3 \Omega/\text{m}$ .

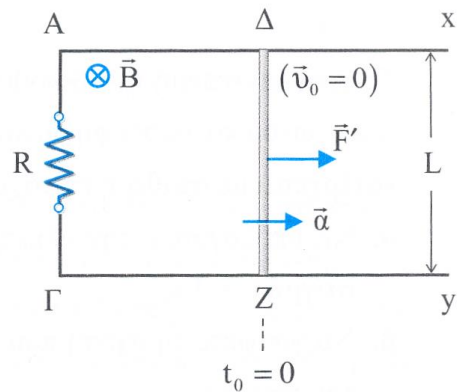


Η πλευρά ΗΘ του πλαισίου έχει μήκος  $L = 1 \text{ m}$  και είναι κάθετη στις πλευρές ΗΖ και ΘΙ αυτού. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους  $L$  και ωμικής αντίστασης  $R = 3 \Omega$  κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ , μέτρου  $2 \text{ m/s}$ , έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με τις πλευρές ΗΖ και ΘΙ του πλαισίου παραμένοντας κάθετος σε αυτές. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $3 \text{ T}$ , οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι κατακόρυφες με φορά προς τα επάνω. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ο αγωγός ΚΛ απέχει απόσταση ίση με το μήκος του από την πλευρά ΗΘ του πλαισίου.

- Να γράψετε την εξίσωση της έντασης  $I$  του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  και στη συνέχεια να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση  $I = f(t)$  σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων.
- Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο παρέχει ενέργεια στον αγωγό ΚΛ η εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  που ασκείται σε αυτόν στη διεύθυνση της κίνησής του τη χρονική στιγμή στην οποία ο αγωγός ΚΛ απέχει από την πλευρά ΗΘ του πλαισίου απόσταση  $2L$ .

**B2. Ο αγωγός εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση ( $\vec{a}$  = σταθ.)**

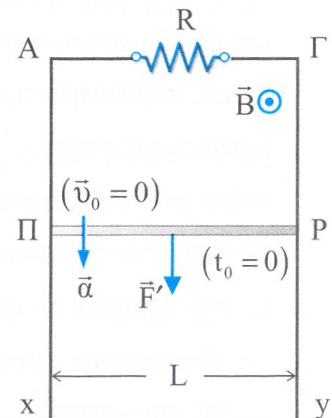
48. Αγωγός ΔZ μήκους  $L = 0,4 \text{ m}$ , μάζας  $m = 1 \text{ kg}$  και αμελητέας ωμικής αντίστασης ηρεμεί επάνω σε δύο μεταλλικές ράγες Ax και Γy. Οι δύο ράγες εμφανίζουν ασήμαντη ωμική αντίσταση, ορίζουν οριζόντιο επίπεδο και τα άκρα τους A και Γ συνδέονται μεταξύ τους μέσω ωμικού αντιστάτη αντίστασης  $R = 0,2 \ \Omega$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κατακόρυφες, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΔZ δύναμη  $\vec{F}'$ , παράλληλη προς τις δύο ράγες, με αποτέλεσμα ο αγωγός ΔZ να αρχίσει να κινείται, χωρίς τριβές, με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{a}$ , μέτρου  $2 \text{ m/s}^2$  έχοντας τα άκρα του σε επαφή με τις ράγες και παραμένοντας διαρκώς κάθετος σε αυτές.

- α. Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια που «σαρώνει» ο αγωγός ΔZ τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$ .
- β. Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της δύναμης  $\vec{F}'$ . Στη συνέχεια να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση  $F' = f(t)$  σε βαθμολογημένο σύστημα αξόνων για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 5 \text{ s}$ .

49. Δύο κατακόρυφοι, λείοι μεταλλικοί δοκοί μεγάλου μήκους Ax και Γy απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L = 0,5 \text{ m}$  και εμφανίζουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα A και Γ των δύο δοκών συνδέονται μεταξύ τους μέσω ωμικού αντιστάτη αντίστασης  $R = 1 \ \Omega$ . Οριζόντιος χάλκινος αγωγός ΠP μήκους  $L$ , μάζας  $m = 2 \text{ kg}$  και αμελητέας ωμικής αντίστασης συγκρατείται ακίνητος με τη βοήθεια κατακόρυφων νημάτων έχοντας τα άκρα του σε επαφή με τις δοκούς. Το σύστημα δοκοί – αγωγός βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί



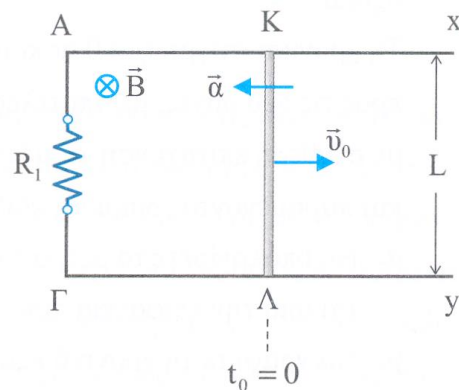
ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $B = 1 \text{ T}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο της διάταξης, όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  κόβουμε τα νήματα ενώ, ταυτόχρονα, ασκούμε στο μέσον του αγωγού κατακόρυφη δύναμη  $\vec{F}'$  με φορά προς τα κάτω. Ο αγωγός ΠΡ αρχίζει να κατέρχεται με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{\alpha}$ , μέτρου  $12 \text{ m/s}^2$ .

- α.** Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1 \text{ s}$ .
- β.** Να γράψετε τη σχέση που διέπει τα μέτρα της δύναμης  $\vec{F}'$  και της ταχύτητας  $\vec{v}$  του αγωγού.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- 50.** Ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ του διπλανού σχήματος έχει μήκος  $L = 1 \text{ m}$ , μάζα  $m = 3 \text{ kg}$ , ωμική αντίσταση  $R = 1 \text{ } \Omega$  και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές επάνω σε δύο οριζώντιους, παράλληλους μεταλλικούς οδηγούς Αx και Γy μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης.



Τα άκρα Α και Γ των δύο οδηγών είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη αντίστασης  $R_1 = 1 \text{ } \Omega$ .

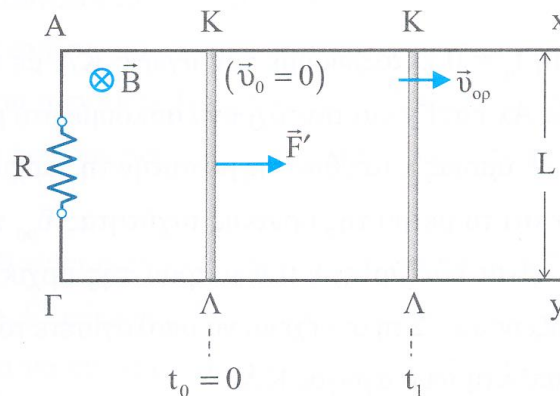
Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $4 \text{ T}$ , οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι οδηγοί Αx και Γy. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ με ταχύτητα  $\vec{v}_0$ , μέτρου  $6 \text{ m/s}$ , παράλληλα προς τους δύο οδηγούς και ταυτόχρονα ασκούμε στο μέσον αυτού οριζόντια δύναμη  $\vec{F}'$  συγγραμμική της αρχικής ταχύτητας  $\vec{v}_0$ , ώστε ο αγωγός να κινείται με σταθερή επιβράδυνση  $\vec{\alpha}$ , μέτρου  $2 \text{ m/s}^2$ . Ο αγωγός κινείται έχοντας διαρκώς τα άκρα του σε επαφή με τους οδηγούς και παραμένοντας κάθετος ως προς αυτούς.

- α.** Να γράψετε τη εξίσωση της έντασης του επαγωγικού ρεύματος  $I$  που διαρρέει το κύκλωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  και στη συνέχεια να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση  $I = f(t)$  σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 3 \text{ s}$ .

**β.** Να υπολογίσετε το μέτρο και να προσδιορίσετε τη φορά της δύναμης  $\vec{F}'$  τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ .

**B3. Ο αγωγός εκτελεί ευθύγραμμη μεταβαλλόμενη κίνηση και αποκτά οριακή ταχύτητα ( $\vec{u} = \vec{u}_{op}$ )**

**51.** Αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 1$  m και αμελητέας ωμικής αντίστασης ηρεμεί επάνω σε δύο παράλληλους μεταλλικούς οδηγούς Αx και Γy. Τα άκρα Α και Γ των δύο οδηγών συνδέονται μεταξύ τους με αντιστάτη αντίστασης R. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 2 T, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οδηγοί – αγωγός, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.

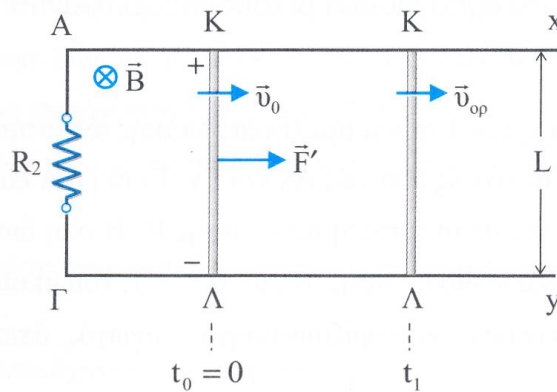


Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκούμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ σταθερή δύναμη  $\vec{F}'$ , μέτρου 20 N, παράλληλη προς τους οδηγούς Αx και Γy. Ο αγωγός αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές επάνω στους δύο οδηγούς παραμένοντας συνεχώς κάθετος και με τα άκρα του σε επαφή με αυτούς. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ο αγωγός ΚΛ αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα μέτρου  $u_{op} = 2$  m/s. Να υπολογίσετε:

- α.** Την τιμή της αντίστασης R.
- β.** Τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη στο περιβάλλον, λόγω φαινομένου Joule, από τη χρονική στιγμή  $t_1$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2 = t_1 + 10$  s.

**52.** Αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,5$  m εμφανίζει ωμική αντίσταση  $R_1 = 1$  Ω και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές επάνω σε δύο παράλληλους αγωγούς Αx και Γy, αμελητέας αντίστασης, παραμένοντας κάθετος και έχοντας τα άκρα του συνεχώς σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μεταξύ τους με αντιστάτη ωμι-

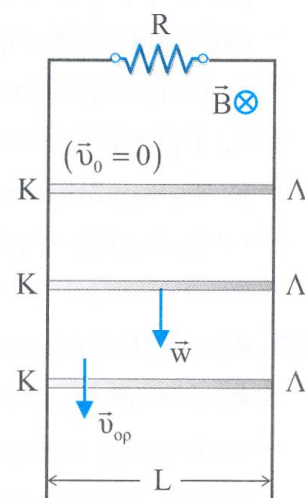
κής αντίστασης  $R_2 = 3 \Omega$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 4 T, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αγωγοί, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ με ταχύτητα  $\vec{v}_0$  παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy και ταυτόχρονα ασκούμε στο μέσον του σταθερή δύναμη  $\vec{F}'$ , μέτρου 10 N, όμοιας κατεύθυνσης με αυτήν της αρχικής ταχύτητας.

- α.** Να αποδείξετε ότι το μέτρο της οριακής ταχύτητας  $\vec{v}_{op}$  που θα αποκτήσει τελικά ο αγωγός ΚΛ είναι ανεξάρτητο του μέτρου της αρχικής ταχύτητας  $\vec{v}_0$  με την οποία τον εκτοξεύσαμε. Στη συνέχεια, να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας που θα αποκτήσει ο αγωγός ΚΛ.
- β.** Να υπολογίσετε την τάση που επάγεται (κατ' απόλυτη τιμή) στα άκρα του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή στην οποία ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα.

- 53.** Αγωγός σχήματος κατακόρυφου Π έχει το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 1 T. Τα κατακόρυφα λεία τμήματα του αγωγού έχουν πολύ μεγάλο μήκος και αμελητέα ωμική αντίσταση, ενώ το οριζόντιο τμήμα του εμφανίζει αντίσταση  $R = 10 \Omega$ . Ευθύγραμμο σύρμα ΚΛ μήκους  $L = 2 \text{ m}$ , μάζας  $m = 0,5 \text{ kg}$  και αμελητέας ωμικής αντίστασης αφήνεται να πέσει, χωρίς αρχική ταχύτητα, από ένα ενδιάμεσο σημείο των κατακόρυφων πλευρών του αγωγού σχήματος Π παραμένοντας οριζόντιο και έχοντας

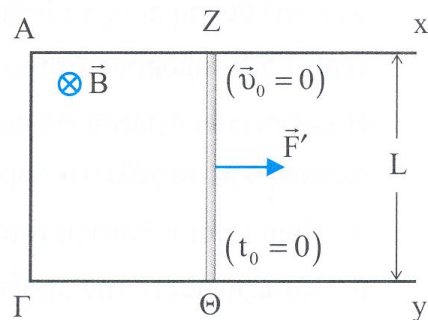


συνεχώς τα άκρα του σε επαφή με τις πλευρές του αγωγού, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας  $\bar{v}_{op}$  που αποκτά το σύρμα ΚΛ.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- 54.** Αγωγός ΖΘ μήκους  $L = 0,4 \text{ m}$  και μάζας  $m = 1 \text{ kg}$  εμφανίζει ωμική αντίσταση  $R = 0,5 \Omega$  και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές επάνω σε δύο παράλληλους αγωγούς Αx και Γy, αμελητέας αντίστασης, παραμένοντας συνεχώς κάθετος και σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μεταξύ τους

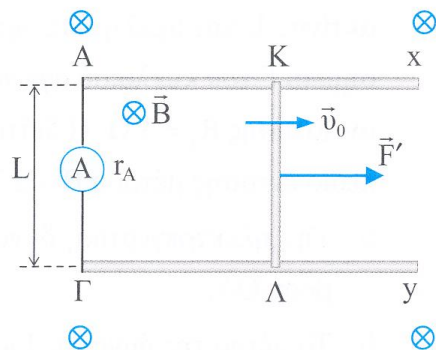


με αγωγό αμελητέας αντίστασης. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση  $\vec{B}$  έχει μέτρο  $1 \text{ T}$  και οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι τρεις αγωγοί, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

Αρχικά ο αγωγός ΖΘ είναι ακίνητος. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκούμε στον αγωγό ΖΘ σταθερή δύναμη  $\vec{F}'$  μέτρου  $2 \text{ N}$ , παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy και ο αγωγός ΖΘ αρχίζει να κινείται. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα του σχήματος είναι  $I_1 = 4 \text{ A}$ .

- α.** Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του αγωγού ΖΘ τη χρονική στιγμή  $t_1$ .  
**β.** Να γράψετε την εξίσωση του μέτρου της επιτάχυνσης του αγωγού ΖΘ σε συνάρτηση με το μέτρο της ταχύτητάς του.

- 55.** Δύο οριζόντια χάλκινα σύρματα Αx και Γy μεγάλου μήκους και αμελητέας αντίστασης είναι παράλληλα και απέχουν απόσταση  $L = 0,5 \text{ m}$ . Τα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων συνδέονται μέσω αμπερομέτρου εσωτερικής αντίστασης  $r_A = 0,5 \Omega$ . Οριζόντιος κυλινδρικός αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,5 \text{ m}$ , μάζας  $m = 100 \text{ g}$  και ωμικής αντίστασης



$R = 1,5 \Omega$  τοποθετείται με τον άξονά του κάθετο στα χάλκινα σύρματα. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε χώρο στον οποίο επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$  και φοράς προς τα κάτω, όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα.

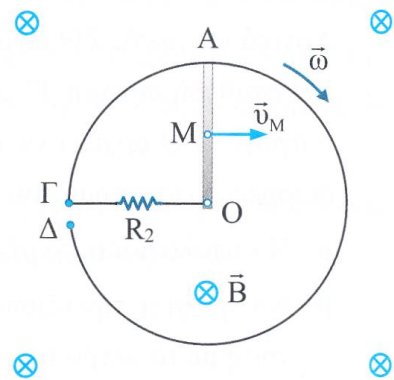
Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  δίνουμε στον αγωγό ΚΛ αρχική ταχύτητα  $\vec{v}_0$ , μέτρου  $10 \text{ m/s}$ , με κατεύθυνση προς τα δεξιά και ταυτόχρονα του ασκούμε σταθερή δύναμη  $\vec{F}'$ , μέτρου  $2,5 \text{ N}$ , ομόρροπη προς την αρχική ταχύτητα  $\vec{v}_0$ .

Η κίνηση του αγωγού γίνεται χωρίς τριβές, τα άκρα του Κ και Λ βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με τα χάλκινα σύρματα και ο άξονάς του είναι κάθετος σε αυτά.

- α.** Ποια είναι η ένδειξη του αμπερομέτρου τη χρονική στιγμή  $t_0$ ;
- β.** Να εξηγήσετε την προοδευτική αύξηση της ένδειξης του αμπερομέτρου και να προσδιορίσετε την τελική σταθεροποιημένη τιμή της.

► **Στρεφόμενος αγωγός**

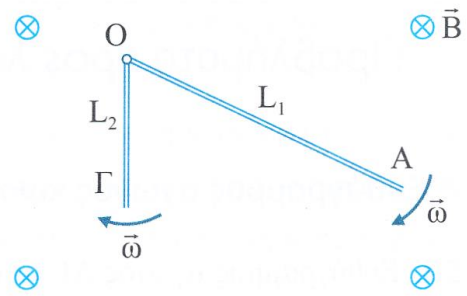
**56.** Στη διάταξη του διπλανού σχήματος, η αγωγίμη ράβδος ΟΑ έχει μήκος  $L = 0,5 \text{ m}$ , αντίσταση  $R_1 = 1 \Omega$  και στρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή συχνότητα γύρω από άξονα ο οποίος διέρχεται από το ένα άκρο της Ο και είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής της. Το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας του μέσου Μ της ράβδου ΟΑ είναι  $v_M = 4 \text{ m/s}$ .



Το άκρο Α της ράβδου βρίσκεται διαρκώς σε επαφή με μεταλλικό κυκλικό αγωγό ακτίνας  $L$  και αμελητέας ωμικής αντίστασης, ο οποίος φέρει μικρό διάκενο ΓΔ. Το σημείο Γ του κυκλικού αγωγού και το άκρο Ο της ράβδου συνδέονται αγωγίμα μέσω αντίστασης  $R_2 = 3 \Omega$ . Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 2 \text{ T}$ . Να υπολογίσετε:

- α.** Την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου ΟΑ.
- β.** Το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται στη ράβδο από το μαγνητικό πεδίο.

57. Οι ευθύγραμμοι αγωγοί ΟΑ και ΟΓ του διπλανού σχήματος έχουν μήκος  $L_1 = 0,8 \text{ m}$  και  $L_2 = 0,4 \text{ m}$  αντίστοιχα και στρέφονται σε οριζόντιο επίπεδο γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το κοινό άκρο τους Ο με την ίδια σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$ , μέτρου  $8 \text{ rad/s}$ .



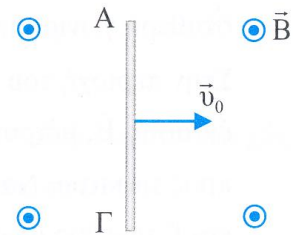
Στην περιοχή του συστήματος των δύο αγωγών επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω. Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού  $V_A - V_\Gamma$  μεταξύ των άκρων Α και Γ των δύο αγωγών στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- Όταν και οι δύο αγωγοί στρέφονται σύμφωνα με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού (βλέπε παραπάνω σχήμα).
- Όταν ο αγωγός ΟΑ στρέφεται κατά τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού και ο ΟΓ αντίθετα.

## Προβλήματα προς λύση

### Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο

58. Ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ μήκους  $L = 1 \text{ m}$  κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}_0$  μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Η ταχύτητα του αγωγού έχει διεύθυνση κάθετη στον αγωγό και οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο κίνησης του αγωγού με φορά που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.



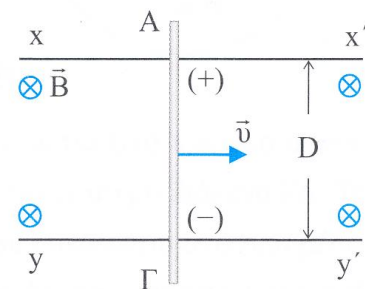
Στα άκρα του αγωγού αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή μέτρου  $E_{\text{επ.0}} = 6 \text{ V}$ .

- Να προσδιορίσετε την πολικότητα της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης.
- Να υπολογίσετε την τιμή της ταχύτητας  $\vec{v}_0$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκείται στο μέσον του αγωγού εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  ομόρροπη της ταχύτητάς του, με αποτέλεσμα ο αγωγός να αποκτήσει σταθερή επιτάχυνση  $\vec{\alpha}$ , μέτρου  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

- Να υπολογίσετε το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που εμφανίζεται στα άκρα του αγωγού τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$ .

59. Οι οριζόντιες ράβδοι  $xx'$  και  $yy'$  του διπλανού σχήματος έχουν μεγάλο μήκος, είναι κατασκευασμένες από μονωτικό υλικό, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $D = 0,5 \text{ m}$  και οριοθετούν τις διαστάσεις ενός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου, έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $2 \text{ T}$ .



Χάλκινο ευθύγραμμο σύρμα ΑΓ, μήκους  $L = 1 \text{ m}$

ολισθαίνει χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου  $5 \text{ m/s}$ , επάνω στις δύο ράβδους. Η ταχύτητα του σύρματος έχει κάθετη διεύθυνση στο σύρμα. Να υπολογίσετε:

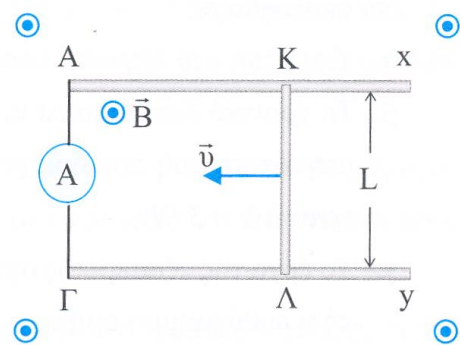
- Την τιμή της διαφοράς δυναμικού  $V_{\text{ΑΓ}}$  που αναπτύσσεται μεταξύ των άκρων Α και Γ του σύρματος.

**β.** Το εμβαδόν  $\Delta A$  της επιφάνειας που «σαρώνει» το σύρμα μέσα στο μαγνητικό πεδίο σε χρόνο  $\Delta t = 0,6 \text{ s}$ .

Δεύτερο χάλκινο σύρμα, μήκους  $L_1 = 0,25 \text{ m}$ , βρίσκεται ολόκληρο εντός του προαναφερθέντος μαγνητικού πεδίου και κινείται κάθετα προς τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Η ταχύτητα  $\vec{v}_1$  του σύρματος έχει διεύθυνση η οποία σχηματίζει γωνία  $\varphi = 30^\circ$  με το σύρμα.

**γ.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας  $\vec{v}_1$  με την οποία θα πρέπει να κινείται το δεύτερο σύρμα μέσα στο μαγνητικό πεδίο, προκειμένου στα άκρα του να αναπτύσσεται διαφορά δυναμικού (κατ' απόλυτη τιμή) ίση με αυτή που αναπτύσσεται στα άκρα του πρώτου σύρματος.

**60.** Ευθύγραμμο μεταλλικό σύρμα ΚΛ μήκους  $L = 0,5 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_1 = 1 \ \Omega$  κινείται, μέσω κατάλληλου μηχανισμού, με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ . Το σύρμα ολισθαίνει χωρίς τριβές επάνω σε δύο οριζόντιες, παράλληλες μεταλλικές ράβδους Αx και Γy, έχοντας τα άκρα του συνεχώς σε επαφή με τις ράβδους και τη διεύθυνσή του κάθετη σε αυτές. Τα άκρα Α και Γ των δύο ράβδων, οι οποίες έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση, γεφυρώνονται με αμπερόμετρο εσωτερικής αντίστασης  $r_A = 1 \ \Omega$ . Το σύστημα ράβδοι – σύρμα βρίσκεται εξ ολοκλήρου μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $0,5 \text{ T}$ , όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



Εάν η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι  $I_A = 2 \text{ A}$ , να υπολογίσετε:

- α.** Το μέτρο της ταχύτητας με την οποία κινείται το σύρμα ΚΛ.
- β.** Το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  εντός του οποίου εκλύεται θερμότητα  $Q_1 = 2 \text{ J}$  προς το περιβάλλον από τις ωμικές αντιστάσεις του κυκλώματος.
- γ.** Τη μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από την επιφάνεια την οποία «σαρώνει» το σύρμα στο προηγούμενο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .
- δ.** Τη μετατόπιση  $\Delta x'$  του σύρματος σε χρόνο  $\Delta t'$  εντός του οποίου φορτίο  $\Delta q = 0,4 \text{ C}$  διέρχεται από μια διατομή του σύρματος.

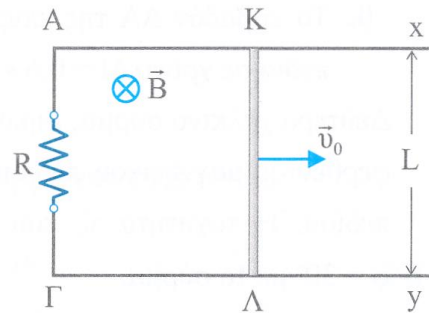
**61.** Στο κύκλωμα που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα οι παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και τα άκρα τους A και Γ συνδέονται με ωμικό αντιστάτη, αντίστασης  $R = 2 \Omega$ .

Ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ έχει μήκος  $L = 0,1 \text{ m}$ , ωμική αντίσταση  $R' = 2 \Omega$  και

μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}_0$ , μέτρου  $5 \text{ m/s}$ , επάνω στους αγωγούς Ax και Γy παραμένοντας συνεχώς κάθετος με τα άκρα του σε επαφή με αυτούς. Η διάταξη των αγωγών βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $4 \text{ T}$ . Το επίπεδο της διάταξης είναι κάθετο στις μαγνητικές γραμμές.

Να υπολογίσετε:

- Την τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ.
- Το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  κίνησης του αγωγού ΚΛ κατά τη διάρκεια του οποίου η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο ΑΚΛΓ των αγωγών μεταβάλλεται κατά  $\Delta\Phi = 3 \text{ Wb}$ .
- Το έργο της εξωτερικής δύναμης που ασκείται στον αγωγό ΚΛ, για να είναι δυνατή η ευθύγραμμη ομαλή κίνησή του για χρονικό διάστημα  $\Delta t' = 2\Delta t$ .
- Την ισχύ της δύναμης Laplace που ασκείται από το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό ΚΛ.

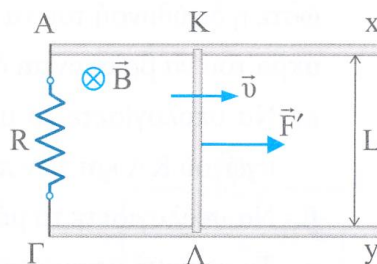


**62.** Εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $0,2 \text{ T}$ , βρίσκονται δύο οριζόντιες, παράλληλες μεταλλικές ράβδοι ασήμαντης ωμικής αντίστασης. Αμπερόμετρο εσωτερικής αντίστασης  $R_a = 0,1 \Omega$  συνδέεται στις άκρες των δύο ράβδων. Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός ΚΛ, μήκους  $L = 0,4 \text{ m}$ , μάζας  $m = 3,2 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R = 0,4 \Omega$  κινείται ευθύγραμμα ομαλά, χωρίς τριβή, έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με τις ράβδους, παραμένοντας κάθετος σε αυτές και τέμνοντας κάθετα τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Εάν η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στα άκρα του αγωγού ΚΛ έχει μέτρο  $E_{\text{ΕΠ}} = 0,5 \text{ V}$ , να υπολογίσετε:

- Τον ρυθμό μεταβολής του εμβαδού της επιφάνειας που «σαρώνει» ο αγωγός ΚΛ.
- Την πτώση τάσης στο αμπερόμετρο.
- Το μέτρο της εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}'$  που πρέπει να ασκείται στον αγωγό ΚΛ, προκειμένου να κινείται ισοταχώς.

δ. Τη θερμότητα Joule που θα εκλυθεί από το κύκλωμα προς το περιβάλλον από τη χρονική στιγμή που καταργείται η εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  και έπειτα.

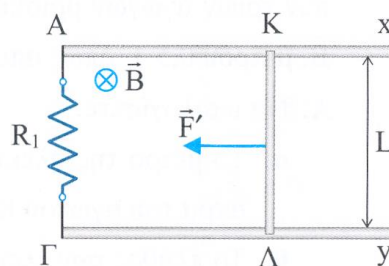
63. Δύο χάλκινα οριζόντια σύρματα Ax και Γy μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης είναι παράλληλα και απέχουν απόσταση  $L = 1 \text{ m}$ . Τα άκρα A και Γ των συρμάτων γεφυρώνονται μέσω αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R = 2 \ \Omega$ . Οριζόντιος πρισματικός αγωγός ΚΛ ωμικής αντίστασης  $R_1 = 1 \ \Omega$  και μήκους  $L = 1 \text{ m}$ , τοποθετείται κάθετα στα χάλκινα σύρματα. Ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου  $18 \text{ m/s}$ , υπό την επίδραση σταθερής οριζόντιας δύναμης  $\vec{F}'$ , ομόρροπης προς την ταχύτητά του, μέτρου  $4 \text{ N}$ . Η διεύθυνση του αγωγού είναι κάθετη στα χάλκινα σύρματα και τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με αυτά.



Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή όπου επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $0,5 \text{ T}$  και φοράς προς τα κάτω (από τον αναγνώστη προς τη σελίδα), όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

- Να δείξετε ότι μεταξύ του αγωγού ΚΛ και των χάλκινων συρμάτων υπάρχει τριβή ολίσθησης και στη συνέχεια να υπολογίσετε το μέτρο της.
- Να υπολογίσετε το ποσοστό της προσφερόμενης ενέργειας στο σύστημα που μετατρέπεται σε χρόνο  $\Delta t = 2 \text{ s}$  σε θερμότητα, λόγω τριβής ολίσθησης.
- Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η δύναμη  $\vec{F}'$  που ασκείται στον αγωγό ΚΛ καταργείται. Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η κινητική ενέργεια του αγωγού ΚΛ αμέσως μετά την κατάργηση της δύναμης  $\vec{F}'$ .

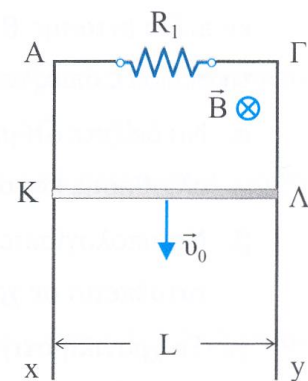
64. Στη διάταξη του διπλανού σχήματος οι οριζόντιοι παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και τα άκρα τους A και Γ συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης  $R_1 = 2 \ \Omega$ . Ο οριζόντιος αγωγός ΚΛ είναι αρχικά ακίνητος, έχει μήκος  $L = 1 \text{ m}$ , μάζα  $m = 1 \text{ kg}$  και ωμική αντίσταση  $R_2 = 2 \ \Omega$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $2 \text{ T}$ . Τη χρονική



στιγμή  $t_0 = 0$  ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να επιταχύνεται υπό την επίδραση σταθερής δύναμης  $\vec{F}'$ , μέτρου 20 N και μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα αποκτά μέγιστη (οριακή) ταχύτητα  $\bar{v}_{op}$ , μέτρου 12 m/s. Η κίνηση του αγωγού ΚΛ γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η διεύθυνσή του να είναι κάθετη στους παράλληλους αγωγούς Αx και Γy και τα άκρα του να βρίσκονται διαρκώς σε επαφή με αυτούς.

- α.** Να υπολογίσετε το μέτρο της τριβής ολίσθησης που αναπτύσσεται μεταξύ του αγωγού ΚΛ και των παράλληλων αγωγών Αx και Γy.
- β.** Να υπολογίσετε το μέτρο της μέγιστης επιτάχυνσης του αγωγού ΚΛ.
- γ.** Τη χρονική στιγμή στην οποία ο αγωγός ΚΛ αποκτά οριακή ταχύτητα, να υπολογίσετε τον ρυθμό:
  - i.** Προσφοράς ενέργειας της δύναμης  $\vec{F}'$  στον αγωγό ΚΛ.
  - ii.** Μετατροπής της προσφερόμενης ενέργειας σε ηλεκτρική.
  - iii.** Παραγωγής θερμότητας, λόγω μηχανικών τριβών.
  - iv.** Μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ.

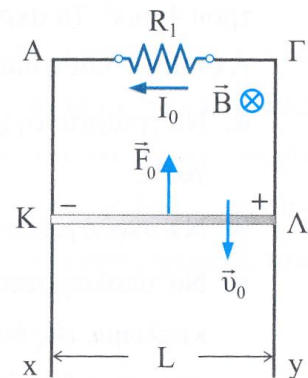
- 65.** Δύο κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L = 0,8$  m. Τα άκρα Α και Γ των αγωγών συνδέονται μεταξύ τους με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 5 \Omega$ . Αγωγός ΚΛ μήκους  $L = 0,8$  m, μάζας  $m = 10$  g και ωμικής αντίστασης  $R_2 = 15 \Omega$ , έχει τα άκρα του Κ και Λ συνεχώς σε επαφή με τους κατακόρυφους αγωγούς Αx και Γy και κινείται προς τα κάτω χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}_0$ , μέτρου 10 m/s, δεχόμενος την επίδραση σταθερής εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}'$ . Η διάταξη των τριών αγωγών βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 0,5 T, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



- A.** Να υπολογίσετε:
  - α.** Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού ΚΛ.
  - β.** Το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων που διέρχονται από μια εγκάρσια διατομή του αγωγού ΚΛ σε χρονικό διάστημα  $\Delta t = 0,64$  s.
  - γ.** Το έργο της εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}'$  στο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .

**B.** Κάποια χρονική στιγμή η εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  καταργείται. Να υπολογίσετε το μέτρο της σταθερής (οριακής) ταχύτητας που αποκτά τελικά ο αγωγός ΚΛ.  
 Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$  και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

**66.** Δύο κατακόρυφες αγωγιμες ράβδοι Αx και Γy μεγάλου μήκους απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση  $L = 0,5 \text{ m}$  και εμφανίζουν αμελητέα αντίσταση. Τα επάνω άκρα Α και Γ των δύο ράβδων είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 3 \Omega$ . Η διάταξη βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι οριζόντιες, κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι ράβδοι Αx και Γy, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

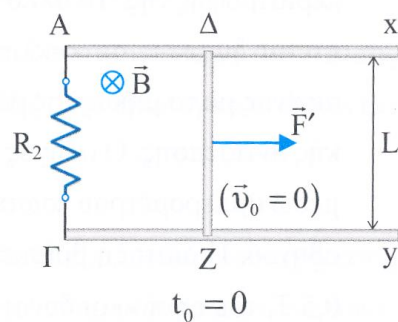


Εκτοξεύουμε με ταχύτητα  $\vec{v}_0$  κατακόρυφα προς τα κάτω ευθύγραμμο αγωγό ΚΛ, μήκους  $L = 0,5 \text{ m}$ , ωμικής αντίστασης  $R_2 = 1 \Omega$  και μάζας  $m = 0,2 \text{ kg}$ . Ο αγωγός ΚΛ μετατοπίζεται, χωρίς τριβές, έχοντας τα άκρα του συνεχώς σε επαφή με τις ράβδους Αx και Γy. Η δύναμη Laplace  $\vec{F}_0$  που δέχεται ο αγωγός ΚΛ από το μαγνητικό πεδίο τη χρονική στιγμή της εκτόξευσης έχει μέτρο  $1 \text{ N}$ .

- α.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας  $\vec{v}_0$ .
- β.** Να υπολογίσετε το μέτρο της σταθερής (οριακής) ταχύτητας που αποκτά ο αγωγός ΚΛ.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**67.** Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός ΔZ μήκους  $L = 0,2 \text{ m}$ , μάζας  $m = 0,2 \text{ kg}$  και ωμικής αντίστασης  $R_1 = 2 \Omega$  ηρεμεί επάνω σε δύο παράλληλους οριζόντιους αγωγούς Αx και Γy αμελητέας ωμικής αντίστασης. Τα άκρα Α και Γ των δύο αγωγών συνδέονται μεταξύ τους με ωμικό αντιστάτη αντίστασης  $R_2 = 2 \Omega$ . Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντα-



σης  $\vec{B}$ , μέτρου 1 T. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω, όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  ασκούμε στο μέσον του αγωγού  $\Delta Z$  δύναμη  $\vec{F}'$ , παράλληλη προς τους αγωγούς  $Ax$  και  $\Gamma y$ , με αποτέλεσμα ο αγωγός  $\Delta Z$  να αρχίσει να μετατοπίζεται χωρίς τριβές στην κατεύθυνση της δύναμης  $\vec{F}'$  με σταθερή επιτάχυνση  $\vec{a}$ , μέτρου  $4 \text{ m/s}^2$ . Τα άκρα του αγωγού  $\Delta Z$  βρίσκονται διαρκώς σε επαφή με τους αγωγούς  $Ax$  και  $\Gamma y$  και η διεύθυνσή του παραμένει κάθετη σε αυτούς.

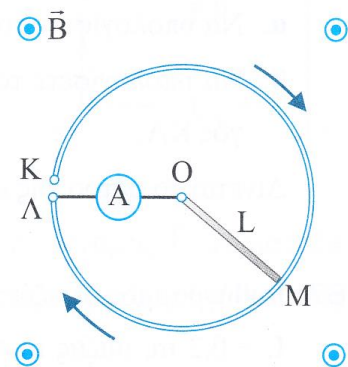
- α.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό  $\Delta Z$ .
- β.** Να υπολογίσετε την τάση στα άκρα του αγωγού  $\Delta Z$  τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$ .
- γ.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο η δύναμη  $\vec{F}'$  προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα της διάταξης τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία η κινητική ενέργεια του αγωγού  $\Delta Z$  αυξάνεται με ρυθμό  $16 \text{ J/s}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_3 = 8 \text{ s}$  η δύναμη  $\vec{F}'$  καταργείται.

- δ.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται από το κύκλωμα προς το περιβάλλον μετά την κατάργηση της δύναμης  $\vec{F}'$ .

### ■ Στρεφόμενος αγωγός

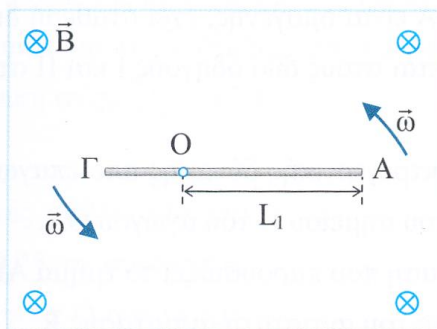
- 68.** Στη διάταξη του διπλανού σχήματος η αγώγιμη ράβδος  $OM$  έχει μήκος  $L = 1 \text{ m}$ , ωμική αντίσταση  $R = 1,8 \Omega$  και περιστρέφεται με σταθερή συχνότητα, χωρίς τριβές, γύρω από άξονα ο οποίος διέρχεται από το άκρο της  $O$  και είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής της. Το άλλο άκρο  $M$  της ράβδου εφάπτεται διαρκώς σε κυκλικό μεταλλικό οδηγό ίσης ακτίνας με το μήκος της ράβδου και αμελητέας ωμικής αντίστασης. Ο οδηγός φέρει μικρό διάκενο  $KL$ . Το άκρο  $O$  της ράβδου συνδέεται μέσω αμπερομέτρου εσωτερικής αντίστασης  $R_A = 0,2 \Omega$  με το σημείο  $\Lambda$  του κυκλικού οδηγού. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $0,5 \text{ T}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες προς τον άξονα περιστροφής της ράβδου, με φορά η οποία φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.



Εάν η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι  $I_A = 0,75 \text{ A}$ , να υπολογίσετε:

- α.** Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου.
- β.** Τη συχνότητα με την οποία περιστρέφεται η ράβδος.
- γ.** Την ισχύ της εξωτερικής δύναμης που απαιτείται για την περιστροφή της ράβδου.

- 69.** Ευθύγραμμη λεπτή, σταθερής διατομής μεταλλική ράβδος ΑΓ, μήκους  $L = 1,5 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R = 0,3 \Omega$ , περιστρέφεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $0,4 \text{ T}$ , γύρω από σταθερό άξονα που διέρχεται από σημείο της Ο και είναι κάθετος στη ράβδο. Το σημείο Ο απέχει από το άκρο Α της ράβδου απόσταση  $L_1 = 1 \text{ m}$  και το επίπεδό περιστροφής της είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



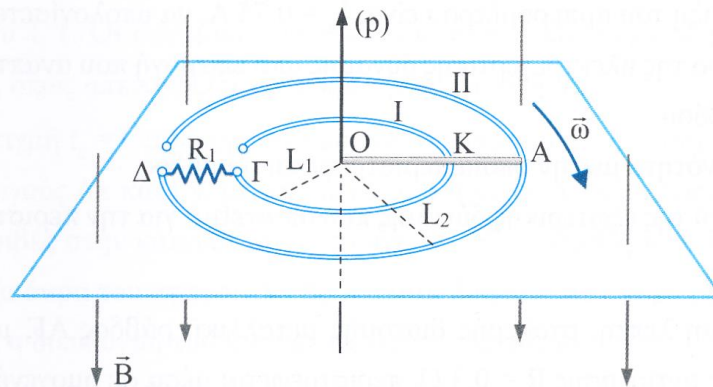
Η ράβδος περιστρέφεται με σταθερή συχνότητα και εκτελεί  $240/\pi$  στροφές ανά λεπτό.

**A.** Να υπολογίσετε:

- α.** Την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται μεταξύ του σημείου Ο και κάθε άκρου της ράβδου.
- β.** Τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα άκρα Α και Γ της ράβδου.

**B.** Αν συνδέσουμε τα σημεία Ο και Γ της ράβδου με ωμικό αντιστάτη αντίστασης  $R_1 = 0,7 \Omega$ , ο οποίος βρίσκεται εκτός μαγνητικού πεδίου, να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

- 70.** Οι δύο ομόκεντροι συνεπίεδοι μεταλλικοί οδηγοί I και II του ακόλουθου σχήματος είναι οριζόντιοι, έχουν ακτίνες  $L_1 = 1 \text{ m}$  και  $L_2 = 2 \text{ m}$  αντίστοιχα και βρίσκονται τοποθετημένοι μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ .

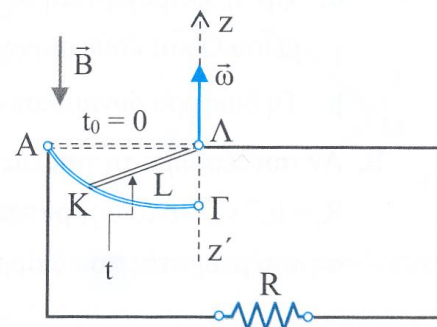


Οι δύο οδηγοί έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και τα άκρα τους Γ και Δ γειωρούνται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R_1 = 4 \Omega$ . Ευθύγραμμος αγωγός OA περιστρέφεται χωρίς τριβές με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , μέτρου  $10 \text{ rad/s}$ , γύρω από κατακόρυφο άξονα p που διέρχεται από το κοινό κέντρο O των δύο κυκλικών οδηγών. Ο αγωγός OA είναι ομογενής, έχει σταθερή διατομή, έχει ωμική αντίσταση  $R_{AO} = 2 \Omega$  και εφάπτεται στους δύο οδηγούς I και II στα σημεία K και A αντίστοιχα. Να υπολογίσετε:

- α. Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται μεταξύ του άκρου A και του σημείου K του αγωγού OA.
- β. Την ωμική αντίσταση που παρουσιάζει το τμήμα AK του αγωγού OA.
- γ. Την τάση στα άκρα του αντιστάτη αντίστασης  $R_1$ .
- δ. Το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται από το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό OA και να σχεδιάσετε το διάνυσμα που την αναπαριστά.

194

71. Οριζόντιο συρμάτινο τεταρτοκύκλιο ΑΓ ακτίνας  $\rho = 0,5 \text{ m}$  εμφανίζει αντίσταση ανά μονάδα μήκους  $R^* = 1 \Omega/\text{m}$ . Στο σημείο A του τεταρτοκυκλίου εφάπτεται το άκρο K λεπτής μεταλλικής ράβδου ΚΛ, μήκους  $L = 0,5 \text{ m}$  και αμελητέας ωμικής αντίστασης, η οποία μπορεί να στρέφεται χωρίς τριβές σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , μέτρου  $5 \text{ rad/s}$ , γύρω από κατακόρυφο άξονα  $z'z$  ο οποίος διέρχεται από το άκρο της Λ. Τα σημεία A και Λ της διάταξης είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με

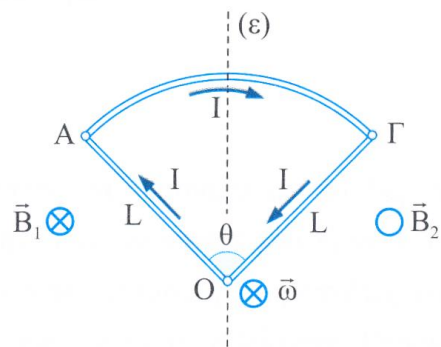


ωμικό αντιστάτη, ο οποίος εμφανίζει αντίσταση  $R = 2,5 \Omega$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  η ράβδος ΚΛ αρχίζει να στρέφεται διατηρώντας το άκρο της Κ συνεχώς σε επαφή με το συρμάτινο τεταρτοκύκλιο, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

Ολόκληρη η διάταξη βρίσκεται εντός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 2 T. Κατά τη διάρκεια ολίσθησης του άκρου Κ της ράβδου επί του συρμάτινου τεταρτοκυκλίου:

- α. Να υπολογίσετε το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου ΚΛ.
- β. Να γράψετε την εξίσωση της έντασης  $I$  του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη αντίστασης  $R$  σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
- γ. Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται στη ράβδο από το μαγνητικό πεδίο είναι  $F = 0,4 \text{ N}$ .
- δ. Να υπολογίσετε το κλάσμα της προσφερόμενης ηλεκτρικής ισχύος από τη στρεφόμενη ράβδο στο κύκλωμα της διάταξης που καταναλώνεται στον αντιστάτη αντίστασης  $R$  τη χρονική στιγμή  $t_2 = 0,2 \text{ s}$ .

72. Δύο οριζόντιες μεταλλικές ράβδοι ΟΑ και ΟΓ ίδιου μήκους  $L = 0,25 \text{ m}$  συνδέονται σταθερά στο κοινό άκρο τους Ο σχηματίζοντας μεταξύ γωνία  $\theta$ . Οι ράβδοι ΟΑ και ΟΓ εμφανίζουν ωμικές αντιστάσεις  $R_1 = 1 \Omega$  και  $R_2 = 3 \Omega$  και βρίσκονται εντός κατακόρυφων ομογενών μαγνητικών πεδίων έντασης  $\vec{B}_1$ , μέτρου 4 T, και  $\vec{B}_2$  αντίστοιχα. Τα μαγνητικά πεδία οριοθετούνται από κατακόρυφη νοητή επιφάνεια (ε), όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.



Τα άκρα Α και Γ των δύο ράβδων συγκολλούνται στα άκρα συρμάτινου τεταρτοκυκλίου αμελητέας ωμικής αντίστασης. Το δημιουργούμενο πλαίσιο στρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο με γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$ , μέτρου 4 rad/s, γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το κοινό άκρο Ο των δύο ράβδων και βρίσκεται επί της επιφάνειας (ε). Το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κλειστό κύκλωμα ράβδων–τεταρτοκυκλίου έχει τη φορά που απεικονίζεται στο σχήμα και ένταση  $I = 0,1 \text{ A}$ .

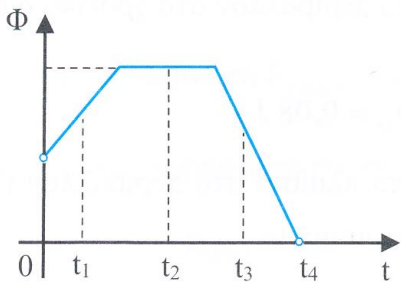
- A.** Για το χρονικό διάστημα κίνησης των ράβδων ΟΑ και ΟΓ στα πεδία έντασης  $\vec{B}_1$ , και  $\vec{B}_2$  αντίστοιχα:
- α.** Να υπολογίσετε το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου ΟΑ.
  - β.** Να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της τάσης στα άκρα της ράβδου ΟΓ.
  - γ.** Να προσδιορίσετε τη φορά της έντασης  $\vec{B}_2$  και να υπολογίσετε το μέτρο της.
- B.** Εάν οι δύο ράβδοι στρέφονταν εντός του ίδιου μαγνητικού πεδίου, να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που θα διέρρεε το κύκλωμα.

**Ενότητα 3<sup>η</sup> Ο κανόνας του Lenz και η αρχή διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής**

**A. Θέματα πολλαπλής επιλογής**

Για τα θέματα 1 - 13 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

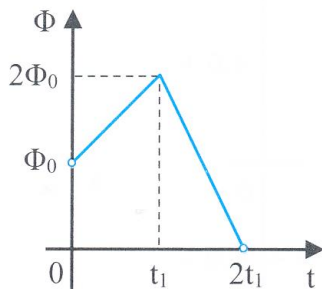
1. Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από την επιφάνεια μεταλλικού δακτυλίου μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ , όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



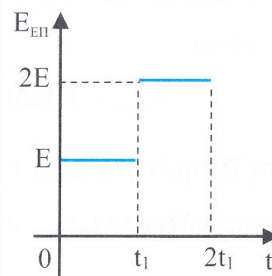
Ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δεν αναπτύσσεται στο πλαίσιο τη χρονική στιγμή:

- α.  $t_1$ .      β.  $t_2$ .      γ.  $t_3$ .      δ.  $t_4$ .

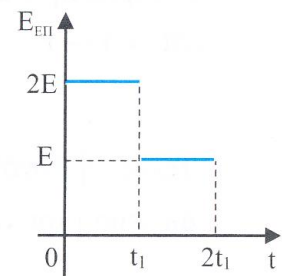
2. Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από ένα συρμάτινο πλαίσιο μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ , όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



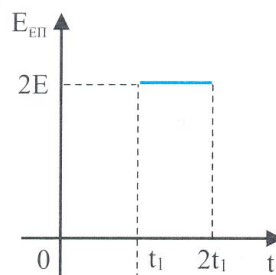
Το διάγραμμα που απεικονίζει ορθά την αλγεβρική τιμή της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ}}$  που εμφανίζεται στο πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  είναι το:



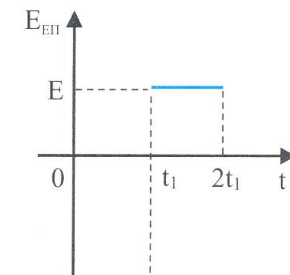
α.



β.



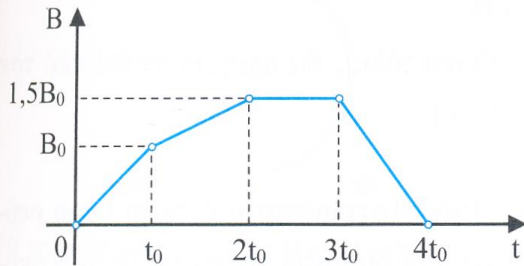
γ.



δ.

3. Χάλκινο πλαίσιο βρίσκεται τοποθετημένο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το επίπεδο του πλαισίου είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το μέτρο  $B$  της έντασης του μαγνητικού πεδίου αρχίζει

τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ , όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



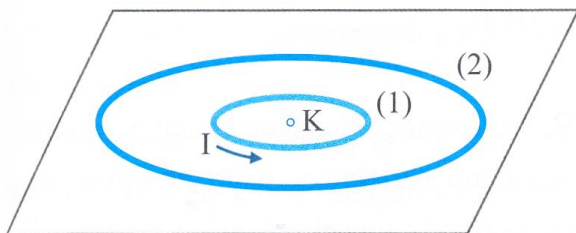
Η μέγιστη ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή εμφανίζεται τη χρονική στιγμή  $t$ , για την οποία ισχύει:

- α.**  $0 < t < t_0$ .                      **β.**  $t_0 < t < 2t_0$ .  
**γ.**  $2t_0 < t < 3t_0$ .                      **δ.**  $3t_0 < t < 4t_0$ .

**4.** Ο κανόνας του Lenz αποτελεί συνέπεια της αρχής διατήρησης:

- α.** Του φορτίου.                      **β.** Της ορμής.  
**γ.** Της ενέργειας.                      **δ.** Της μάζας.

**5.** Δύο ομόκεντροι κυκλικοί αγωγοί (1) και (2) βρίσκονται επί του ίδιου οριζόντιου επιπέδου, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Ο κυκλικός αγωγός (1) διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ , η φορά του οποίου είναι αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού. Εάν το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό (1) μηδενιστεί σε χρόνο  $\Delta t$ , τότε:

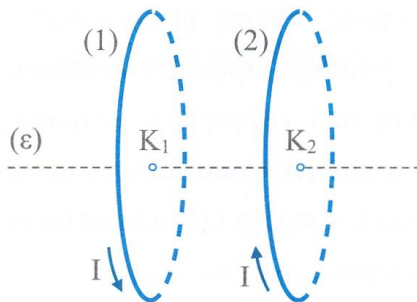
**α.** Ο αγωγός (2) θα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα για χρόνο  $\Delta t$  με φορά όμοια με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

**β.** Δεν αναπτύσσεται επαγωγικό ρεύμα στον αγωγό (2).

**γ.** Ο αγωγός (2) θα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα για χρόνο  $\Delta t$  με φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

**δ.** Μετά τον μηδενισμό του ρεύματος στον αγωγό (1), ο αγωγός (2) θα διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ , η φορά του οποίου είναι αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

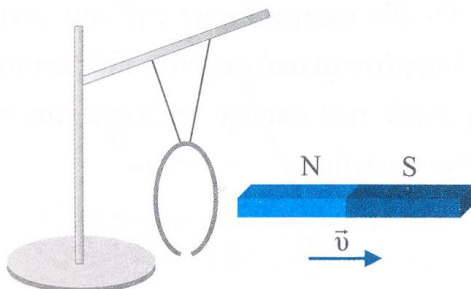
**6.** Δύο κυκλικοί αγωγοί (1) και (2) έχουν παράλληλα κατακόρυφα επίπεδα και τα κέντρα τους  $K_1$  και  $K_2$  αντίστοιχα βρίσκονται επί της ίδιας ευθείας ( $\epsilon$ ), η οποία είναι κάθετη στις επιφάνειες που ορίζουν οι αγωγοί. Οι δύο αγωγοί έχουν την ίδια ακτίνα και διαρρέονται από ρεύματα ίσης έντασης  $I$ , η φορά των οποίων απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εάν αρχίσουμε να πλησιάζουμε τον αγωγό (1) στον αγωγό (2) τότε:

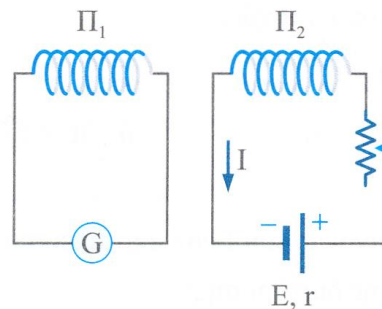
- α.** Δεν θα παρατηρήσουμε καμία μεταβολή στις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους αγωγούς.
- β.** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό (1) θα ελαττωθεί, ενώ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό (2) θα αυξηθεί.
- γ.** Οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αγωγούς θα ελαττωθούν.
- δ.** Οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αγωγούς θα αυξηθούν.

**7.** Μεταλλικός δακτύλιος φέρει εγκοπή και ισορροπεί ακίνητος, αναρτημένος στα κάτω άκρα δύο κατακόρυφων μονωτικών νημάτων δίπλα σε ακίνητο ραβδόμορφο μαγνήτη, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Τα άνω άκρα των νημάτων είναι ακλόνητα στερεωμένα.



Όταν απομακρύνουμε απότομα τον μαγνήτη από τον δακτύλιο, τότε:

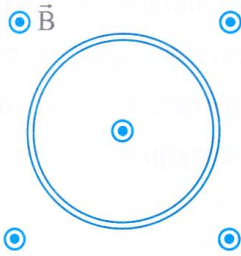
- α.** Ο δακτύλιος θα παραμείνει ακίνητος.
  - β.** Ο δακτύλιος θα κινηθεί προς τον μαγνήτη.
  - γ.** Ο δακτύλιος θα απομακρυνθεί από τον μαγνήτη.
- 8.** Όταν ελαττώνεται η ένταση  $I$  του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο  $\Pi_2$  του ακόλουθου σχήματος και για όσο χρόνο διαρκεί αυτή η ελάττωση:



- α.** Στο δεξιό άκρο του πηνίου  $\Pi_1$  εμφανίζεται βόρειος πόλος.
- β.** Στο δεξιό άκρο του πηνίου  $\Pi_1$  εμφανίζεται νότιος πόλος.
- γ.** Το πηνίο  $\Pi_1$  απωθεί το πηνίο  $\Pi_2$ .
- δ.** Το πηνίο  $\Pi_1$  δεν αντιδρά στη μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο  $\Pi_2$ .

**9.** Οριζόντιος, κυκλικός χάλκινος αγωγός βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κα-

τακόρυφες με φορά προς τα επάνω (από τη σελίδα προς τον αναγνώστη), όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  η αλγεβρική τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να ελαττώνεται σύμφωνα με την εξίσωση  $B = 2 - 0,5t$  (S.I.), με  $0 \leq t \leq 8$  s.

**α.** Από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4$  s το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό έχει φορά ομόρροπη με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, ενώ από τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4$  s έως τη χρονική στιγμή  $t_2 = 8$  s η φορά του επαγωγικού ρεύματος αντιστρέφεται.

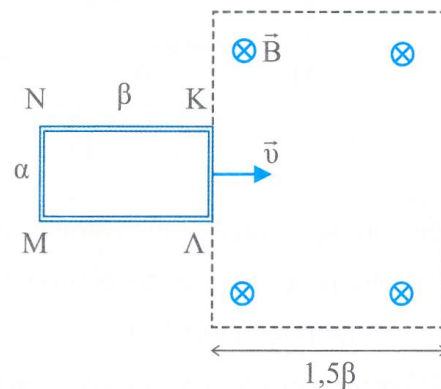
**β.** Από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4$  s το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό έχει φορά αντίρροπη προς τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, ενώ από τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4$  s έως τη χρονική στιγμή  $t_2 = 8$  s η φορά του επαγωγικού ρεύματος αντιστρέφεται.

**γ.** Από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4$  s το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό έχει φορά αντίρροπη από τη φορά περιστροφής των

δεικτών του ρολογιού και τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4$  s μηδενίζεται και σταθεροποιείται στην τιμή αυτή.

**δ.** Από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2 = 8$  s το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό έχει φορά αντίρροπη από τη φορά περιστροφής των δεικτών το ρολογιού.

**10.** Το κλειστό, ορθογώνιο οριζόντιο πλαίσιο ΚΛΜΝ του διπλανού σχήματος διέρχεται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  από κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



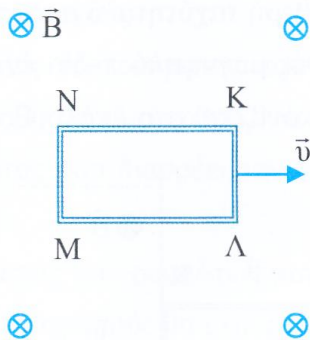
**α.** Κατά την είσοδο του πλαισίου στο πεδίο αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στην πλευρά ΚΛ του πλαισίου με μέτρο  $V_{\text{ΚΛ}} = Bv\beta$ , όπου  $\beta$  το μήκος της μεγάλης διάστασης του πλαισίου.

**β.** Κατά τη διάρκεια παραμονής του πλαισίου στο πεδίο, το πλαίσιο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.

**γ.** Το πλαίσιο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα κατά τη φάση εισόδου του στο πεδίο και κατά τη φάση εξόδου του από αυτό.

**δ.** Κατά τη φάση εισόδου του πλαισίου στο πεδίο ασκείται δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο σε κάθε πλευρά του πλαισίου.

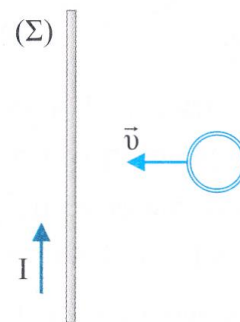
**11.** Το κλειστό, ορθογώνιο οριζόντιο πλαίσιο ΚΛΜΝ του ακόλουθου σχήματος βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε μεγάλης έκτασης ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  και κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ .



Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω (από τον αναγνώστη προς τη σελίδα).

- α.** Ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή αναπτύσσεται σε κάθε πλευρά του πλαισίου.
- β.** Επαγωγικό ρεύμα διαρρέει το πλαίσιο σύμφωνα με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- γ.** Η ενέργεια που δαπανάται για την κίνηση του πλαισίου μετατρέπεται σε θερμότητα Joule.
- δ.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο ισούται με μηδέν.

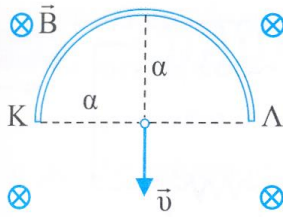
**12.** Ευθύγραμμο ακλόνητο σύρμα  $\Sigma$  μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ . Κλειστό κυκλικό πλαίσιο βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το σύρμα και αρχίζει να κινείται προς το τελευταίο με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εάν το πλαίσιο κατά τη διάρκεια της κίνησής του παραμένει στο ίδιο επίπεδο με το σύρμα, το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το πλαίσιο:

- α.** Έχει φορά όμοια με τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- β.** Έχει φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.
- γ.** Ισούται με μηδέν.

**13.** Λεπτός ημικυκλικός αγωγός ακτίνας  $a$  κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ . Η διεύθυνση της ταχύτητας του αγωγού είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου καθώς και στη διάμετρο ΚΛ του αγωγού, όπως απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα.



**A.** Το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού δίνεται από τη σχέση:

- α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = B\alpha$ .      **β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = \pi B\alpha$ .  
**γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 2B\alpha$ .      **δ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 2\pi B\alpha$ .

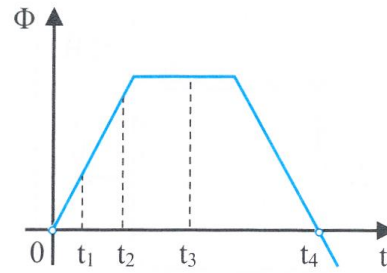
**B.** Εάν η διεύθυνση της ταχύτητας του αγωγού ήταν παράλληλη προς τη διάμετρο ΚΛ του αγωγού, η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στα άκρα του αγωγού θα ήταν:

- α.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 0$ .      **β.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 0,5\pi B\alpha$ .  
**γ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = 0,5B\alpha$ .      **δ.**  $E_{\text{ΕΠ}} = B\alpha$ .

**B.** Θέματα του τύπου Σωστό / Λάθος

Να χαρακτηρίσετε κάθε πρόταση από τα θέματα **14 – 18** με το γράμμα **Σ**, αν είναι σωστή, ή με το γράμμα **Λ**, αν είναι λανθασμένη.

**14.** Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από συμμάτινο κλειστό πλαίσιο μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ , όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



**α.** Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

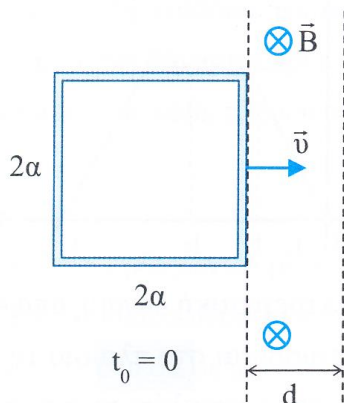
**β.** Τη χρονική στιγμή  $t_3$  η ένταση του επαγωγικού ρεύματος στο πλαίσιο ισούται με μηδέν.

**γ.** Τη χρονική στιγμή  $t_4$  η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που εμφανίζεται στο πλαίσιο ισούται με μηδέν.

**δ.** Από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_4$  το φορτίο που διέρχεται από εγκάρσια διατομή του σύρματος του πλαισίου κινείται προς την ίδια φορά.

**ε.** Κατά απόλυτη τιμή, τη χρονική στιγμή  $t_2$  ο ρυθμός διέλευσης φορτίου από εγκάρσια διατομή του σύρματος του πλαισίου είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό τη χρονική στιγμή  $t_3$ .

**15.** Συμμάτινο τετράγωνο πλαίσιο πλευράς  $2a$  κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $v$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B$  το οποίο εκτείνεται σε μήκος  $d = a$ , όπως απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα.



**α.** Κατά την είσοδο του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο δεν αναπτύσσεται σε αυτό ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή.

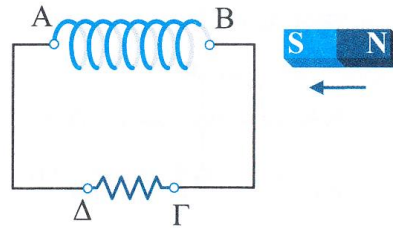
**β.** Μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_1 = a/v$  το επαγωγικό ρεύμα διαρρέει το πλαίσιο αριστερόστροφα.

**γ.** Τη χρονική  $t_2 = 1,5a/v$  ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο είναι μηδενικός.

**δ.** Η μέγιστη μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο είναι  $4Ba^2$ .

**ε.** Το επαγωγικό φορτίο που διαρρέει το πλαίσιο από τη χρονική στιγμή  $t_3 = 2a/v$  έως τη χρονική στιγμή  $t_4 = 3a/v$  είναι ανάλογο του μέτρου  $v$  της ταχύτητας του πλαισίου.

**16.** Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται κύκλωμα με πηνίο και ωμικό αντιστάτη. Ραβδόμορφος μαγνήτης κινείται πλησιάζοντας προς το πηνίο με τον νότιο πόλο του. Ο άξονας του ραβδόμορφου μαγνήτη ταυτίζεται με τον άξονα του πηνίου.



**α.** Όσο ταχύτερα κινείται ο μαγνήτης, τόσο μεγαλύτερο είναι το επαγωγικό φορτίο που μετακινείται στο κύκλωμα.

**β.** Στο άκρο Β του πηνίου θα εμφανιστεί νότιος μαγνητικός πόλος (S), ενώ στο άκρο Α του πηνίου θα εμφανιστεί βόρειος (N) μαγνητικός πόλος.

**γ.** Το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα είναι ανάλογο της τιμής της αντίστασης του αντιστάτη.

**δ.** Το επαγωγικό ρεύμα στο κύκλωμα ακολουθεί τη διαδρομή  $A \rightarrow \Delta \rightarrow \Gamma \rightarrow B \rightarrow A$ .

**ε.** Το μέτρο της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου θα ήταν μικρότερο, εάν το πηνίο είχε μικρότερο αριθμό σπειρών, αλλά το ίδιο μήκος.

**17.** Ο κανόνας του Lenz:

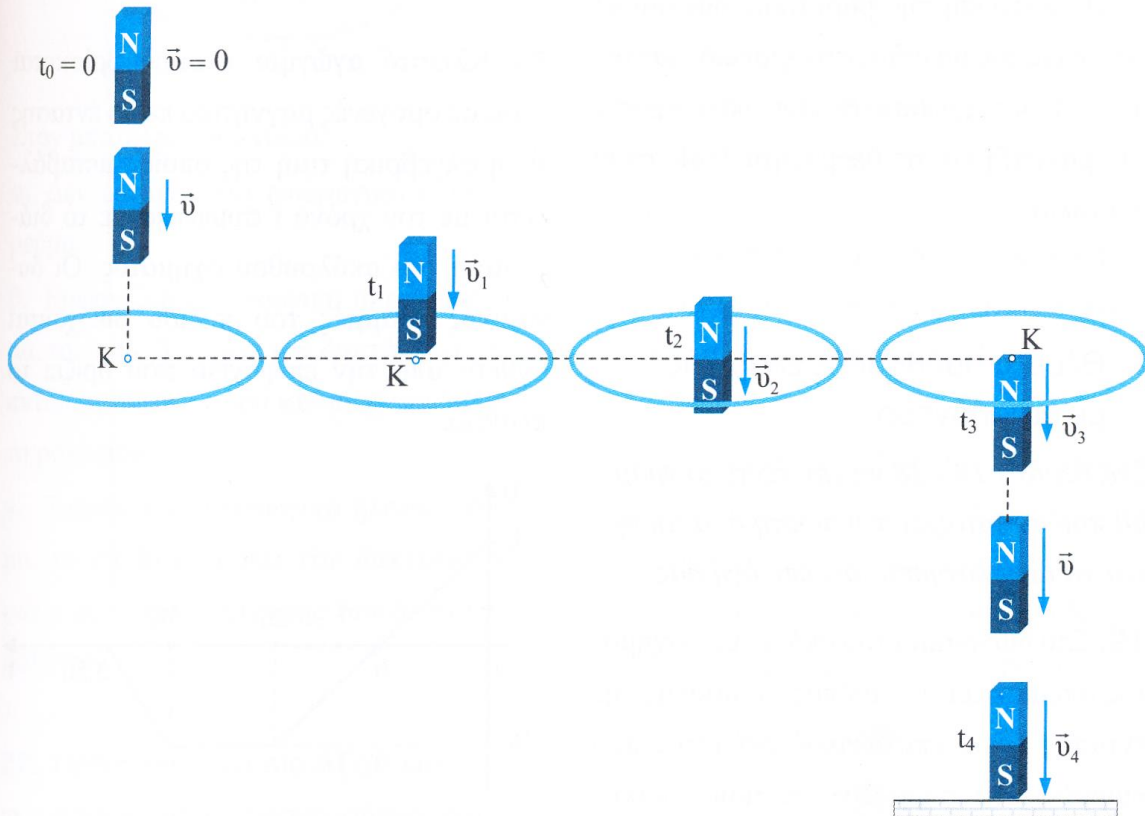
**α.** Αποτελεί απόρροια της αρχής της αδράνειας.

**β.** Διατυπώνεται ως εξής: «Το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε το μαγνητικό του πεδίο να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε».

**γ.** Αξιοποιείται στον νόμο της επαγωγής, προκειμένου να αιτιολογηθεί η πολικότητα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή.

**δ.** Αναφέρεται στο επαγωγικό φορτίο.

18. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του ακόλουθου σχήματος αφήνεται ελεύθερος τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  να κινηθεί κατά μήκος της κατακόρυφου που διέρχεται από το κέντρο Κ οριζώντιου ακλόνητου μεταλλικού δακτυλίου. Τις χρονικές στιγμές  $t_0$  και  $t_4$  ο μαγνήτης βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το επίπεδο του δακτυλίου.



**α.** Καθώς ο μαγνήτης πλησιάζει τον δακτύλιο (χρονικό διάστημα  $t_1 - t_0$ ) δέχεται από τον τελευταίο απωστική δύναμη, ενώ όταν απομακρύνεται (χρονικό διάστημα  $t_4 - t_3$ ) δέχεται ελκτική δύναμη.

**β.** Ο μαγνήτης από τη χρονική στιγμή  $t_0$  που αφέθηκε ελεύθερος έως τη χρονική στιγμή που φθάνει στο έδαφος (χρονική στιγμή  $t_4$ ) κινείται με σταθερή επιτάχυνση.

**γ.** Για το μέτρο της επιτάχυνσης  $\bar{a}$  του μαγνήτη από τη χρονική στιγμή  $t_0$  που αφέθηκε ελεύθερος έως τη χρονική στιγμή  $t_4$

που φθάνει στο έδαφος ισχύει η σχέση  $0 < \alpha \leq g$ , όπου  $g$  το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

**δ.** Τη χρονική στιγμή  $t_2$  η επιτάχυνση του μαγνήτη ισούται με την επιτάχυνση της βαρύτητας.

**ε.** Στο χρονικό διάστημα  $t_3 - t_1$  το μέτρο της επιτάχυνσης  $\bar{a}$  του μαγνήτη δίνεται από τη σχέση  $\alpha = g + \frac{F}{m}$ , όπου  $m$  η μάζα του μαγνήτη,  $g$  το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας και  $F$  το (μεταβλητό) μέτρο

της δύναμης με την οποία αλληλεπιδρούν ο μαγνήτης και ο δακτύλιος.

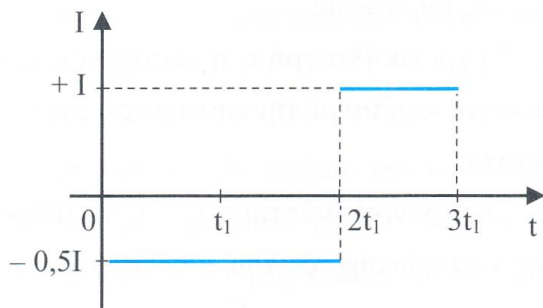
**στ.** Τη χρονική στιγμή  $t_2$  η φορά του επαγωγικού ρεύματος αντιστρέφεται.

**ζ.** Η ελάττωση της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας του μαγνήτη στο χρονικό διάστημα  $t_4 - t_0$  μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του μαγνήτη και σε θερμότητα Joule στον δακτύλιο.

**Γ. Θέματα πολλαπλής επιλογής με αιτιολόγηση**

Στα θέματα 19 - 28 να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**19.** Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται ο τρόπος μεταβολής της έντασης  $I$  του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει ένα συμμάτινο πλαίσιο ωμικής αντίστασης  $R$ , το οποίο βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .



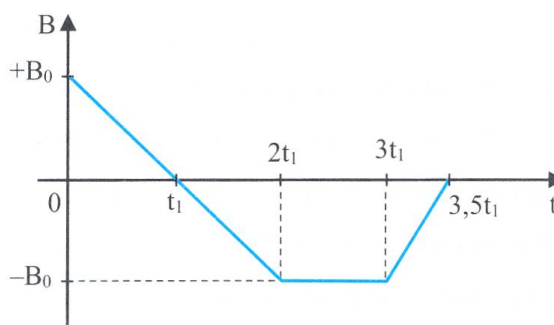
Για τις αλγεβρικές τιμές των μεταβολών των μαγνητικών ροών  $\Delta\Phi_1$  και  $\Delta\Phi_2$  που διέρχονται από την επιφάνεια του πλαισίου

στα χρονικά διαστήματα  $0 \leq t < 2t_1$  και  $2t_1 \leq t \leq 3t_1$  ισχύει η σχέση:

**α.**  $\Delta\Phi_1 = -4\Delta\Phi_2$ .      **β.**  $\Delta\Phi_1 = -2\Delta\Phi_2$ .

**γ.**  $\Delta\Phi_1 = -\Delta\Phi_2$ .

**20.** Κλειστό αγώγιμο πλαίσιο βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , η αλγεβρική τιμή της οποίας μεταβάλλεται με τον χρόνο  $t$  σύμφωνα με το διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου διέρχονται κάθετα από την επιφάνεια που ορίζει το πλαίσιο.

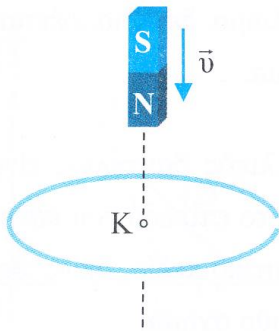


Το χρονικό διάστημα εντός του οποίου αναπτύσσεται μεγαλύτερη θερμική ισχύς στο πλαίσιο είναι το:

**α.**  $0 \leq t < 2t_1$ .      **β.**  $2t_1 \leq t < 3t_1$ .

**γ.**  $3t_1 \leq t \leq 3,5t_1$ .

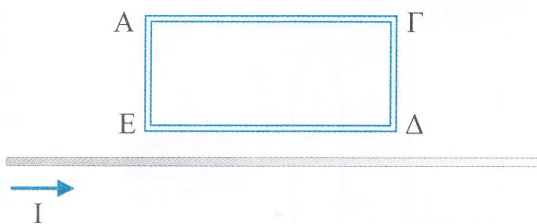
**21.** Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται ραβδόμορφος μαγνήτης ο οποίος κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω πλησιάζοντας με τον βόρειο πόλο του (N) το κέντρο K οριζόντιου ακλόνητου μεταλλικού δακτυλίου που φέρει εγκοπή.



Στον μεταλλικό δακτύλιο:

- α.** Δεν εμφανίζεται επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα.
- β.** Εμφανίζεται επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο διαρρέει τον δακτύλιο με φορά αντίθετη από τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.
- γ.** Εμφανίζεται επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο διαρρέει τον δακτύλιο σύμφωνα με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

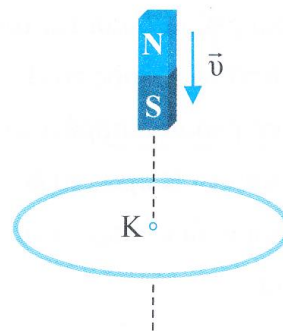
**22.** Ορθογώνιο πλαίσιο ΑΓΔΕ είναι κατασκευασμένο από χάλκινο σύρμα και έχει ωμική αντίσταση  $R$ . Ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους ανήκει στο επίπεδο του πλαισίου, είναι παράλληλος προς τη μεγαλύτερη διάσταση του πλαισίου και διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$  με τη φορά που απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό αρχίζει να αυξάνεται. Μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ :

- α.** Το πλαίσιο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά όμοια με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.
- β.** Το πλαίσιο δεν διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.
- γ.** Το πλαίσιο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά αντίθετη από τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

**23.** Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται ραβδόμορφος μαγνήτης ο οποίος κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω πλησιάζοντας με τον νότιο πόλο του (S) το κέντρο K οριζόντιου ακίνητου μεταλλικού δακτυλίου.

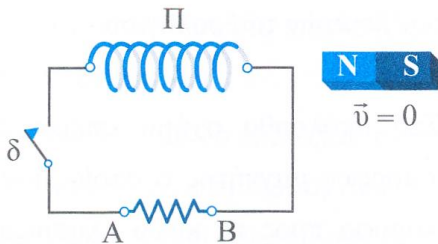


Στον μεταλλικό δακτύλιο:

- α.** Δεν εμφανίζεται επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα.
- β.** Εμφανίζεται επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο διαρρέει τον δακτύλιο με φορά αντίθετη από τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

γ. Εμφανίζεται επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο διαρρέει τον δακτύλιο σύμφωνα με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

**24.** Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται κύκλωμα με πηνίο  $\Pi$  και αντιστάτη. Ανέναντι από το δεξιό άκρο του πηνίου βρίσκεται ακίνητος ραβδόμορφος μαγνήτης. Οι άξονες του πηνίου και του μαγνήτη ταυτίζονται.



**A.** Εάν ο διακόπτης  $\delta$  του κυκλώματος κλείσει, τότε:

**α.** Ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τον αντιστάτη με φορά από το A προς το B.

**β.** Ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τον αντιστάτη με φορά από το B προς το A.

**γ.** Το κύκλωμα δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

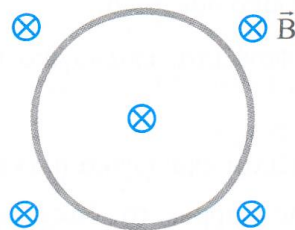
**B.** Εάν ο διακόπτης  $\delta$  του κυκλώματος κλείσει και ταυτόχρονα το πηνίο αρχίσει να απομακρύνεται από τον ραβδόμορφο μαγνήτη κινούμενο κατά τη διεύθυνση του άξονά του, τότε:

**α.** Ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τον αντιστάτη με φορά από το A προς το B.

**β.** Ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τον αντιστάτη με φορά από το B προς το A.

γ. Το κύκλωμα δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

**25.** Μεταλλικός δακτύλιος είναι τοποθετημένος με το επίπεδό του κάθετο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



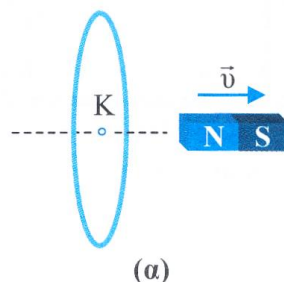
Εάν το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται γραμμικά σε συνάρτηση με τον χρόνο, τότε:

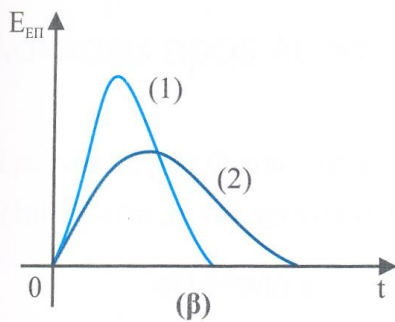
**α.** Επαγωγικό ρεύμα διαρρέει τον δακτύλιο με φορά αντίθετη από τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

**β.** Επαγωγικό ρεύμα διαρρέει τον δακτύλιο σύμφωνα με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

**γ.** Δεν επάγεται ρεύμα στον δακτύλιο.

**26.** Απομακρύνουμε κινώντας οριζόντια τον ραβδόμορφο μαγνήτη από τον κατακόρυφο μεταλλικό δακτύλιο (βλέπε σχήμα α). Οι άξονες του μαγνήτη και του δακτυλίου ταυτίζονται.

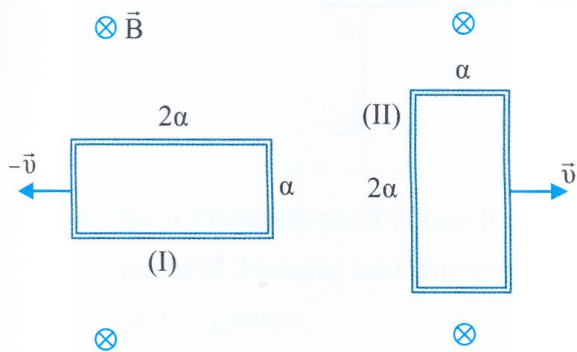




Στο σχήμα β απεικονίζεται το μέτρο της μέσης ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{ΕΠ}$  που αναπτύσσεται στον δακτύλιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ . Η καμπύλη (1) αντιστοιχεί σε απότομη απομάκρυνση του μαγνήτη από τον δακτύλιο, ενώ η καμπύλη (2) σε αργή. Για τα εμβαδά  $E_1$  και  $E_2$  των χωρίων που δημιουργούνται από τις καμπύλες (1) και (2) και τον άξονα των χρόνων ισχύει:

- α.  $E_1 < E_2$ .    β.  $E_1 = E_2$ .    γ.  $E_1 > E_2$ .

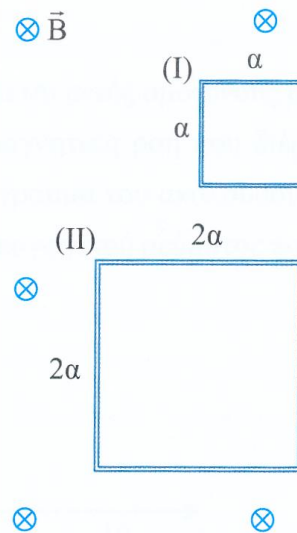
**27.** Δύο όμοια ορθογώνια χάλκινα πλαίσια (I) και (II) με μήκη πλευρών  $a$  και  $2a$ , βρίσκονται εντός του ίδιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου με τα επίπεδά τους κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σύρουμε τα πλαίσια εκτός μαγνητικού πεδίου με σταθερές ταχύτητες ίσου μέτρου. Τα μέτρα των εξωτερικών δυνάμεων  $\vec{F}'_1$  και  $\vec{F}'_2$  που απαιτούνται για την ισοταχή κίνηση των πλαισίων I και II αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση:

- α.  $F'_1 = 2F'_2$ .    β.  $F'_1 = \frac{F'_2}{4}$ .    γ.  $F'_1 = F'_2$ .

**28.** Δύο τετράγωνα πλαίσια (I) και (II) με πλευρές  $a$  και  $2a$  αντίστοιχα έχουν κατασκευαστεί από το ίδιο χάλκινο σύρμα και βρίσκονται εντός του ίδιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου με τα επίπεδά τους κάθετα στις μαγνητικές γραμμές, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εάν στον ίδιο χρόνο  $\Delta t$  σύρουμε και τα δύο πλαίσια εκτός πεδίου, στο πλαίσιο (I) αναπτύσσεται μέση ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή  $E_{ΕΠ1}$  και διέρχεται από μια διατομή του ηλεκτρικό φορτίο  $\Delta q_1$ , ενώ στο πλαίσιο (II) αναπτύσσεται μέση ηλε-

κτρεγερτική δύναμη από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ2}}$  και διέρχεται από μια διατομή του ηλεκτρικό φορτίο  $\Delta q_2$ .

**A.** Για τις ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις  $E_{\text{ΕΠ1}}$  και  $E_{\text{ΕΠ2}}$  ισχύει η σχέση:

**α.**  $E_{\text{ΕΠ1}} = E_{\text{ΕΠ2}}$  .      **β.**  $E_{\text{ΕΠ1}} = \frac{E_{\text{ΕΠ2}}}{2}$  .

**γ.**  $E_{\text{ΕΠ1}} = \frac{E_{\text{ΕΠ2}}}{4}$  .

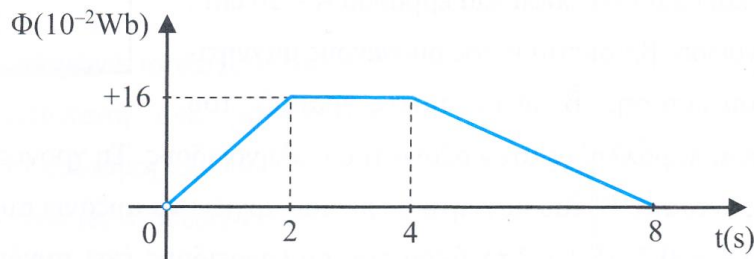
**B.** Για τα επαγωγικά φορτία  $\Delta q_1$  και  $\Delta q_2$  ισχύει η σχέση:

**α.**  $\Delta q_1 = \Delta q_2$  .      **β.**  $\Delta q_1 = \frac{\Delta q_2}{2}$  .

**γ.**  $\Delta q_1 = \frac{\Delta q_2}{4}$  .

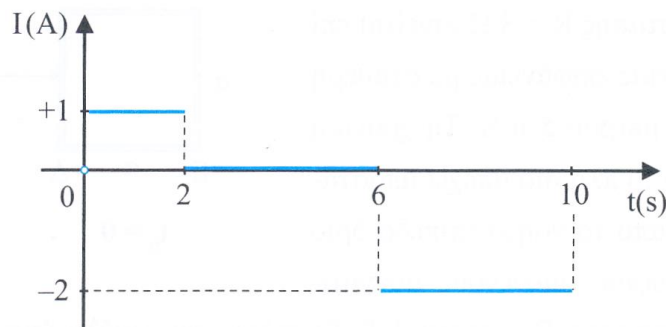
## Ασκήσεις προς λύση

29. Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από κλειστό κύκλωμα ωμικής αντίστασης  $R = 2 \Omega$  μεταβάλλεται με τον χρόνο  $t$  σύμφωνα με το διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες τις γραφικές παραστάσεις:

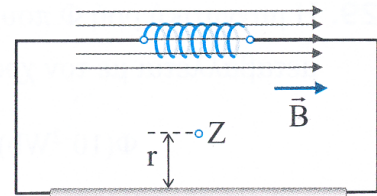
- Της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ}}$  που αναπτύσσεται στο κύκλωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
  - Της έντασης  $I$  του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κλειστό κύκλωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
30. Αγωγίμο πλαίσιο ωμικής αντίστασης  $R = 5 \Omega$  βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Με κατάλληλο τρόπο μεταβάλλουμε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια την οποία ορίζει το πλαίσιο. Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η αλγεβρική τιμή της έντασης  $I$  του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .



- Να σχεδιάσετε σε σύστημα βαθμολογημένων αξόνων το διάγραμμα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ}}$  που αναπτύσσεται στο πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .

**β.** Να υπολογίσετε τη θερμότητα Joule που εκλύεται στο περιβάλλον από το πλαίσιο στο χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 10$  s.

**31.** Το σωληνοειδές του διπλανού σχήματος έχει ωμική αντίσταση  $R = 0,5 \Omega$  και  $N = 1000$  σπείρες, εκ των οποίων η καθεμία έχει επιφάνεια εμβαδού  $A = 20 \text{ cm}^2$ . Το σωληνοειδές βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$  οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι παράλληλες στον άξονα του σωληνοειδούς. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το μέτρο της έντασης  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να αυξάνει σύμφωνα με τη σχέση  $B = 0,4 + 0,2t$  (S.I.). Στα άκρα του σωληνοειδούς έχει συνδεθεί ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους, ωμικής αντίστασης  $R = 0,5 \Omega$ .

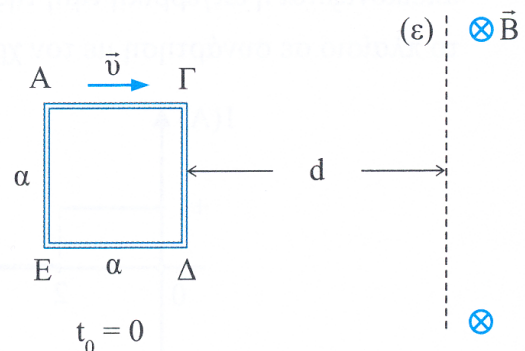


**α.** Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς τη χρονική στιγμή  $t_1 = 8$  s και οφείλεται στο μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .

**β.** Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση του διανύσματος το οποίο αναπαριστά την ένταση  $\vec{B}_Z$  του επαγόμενου μαγνητικού πεδίου που οφείλεται στον ρευματοφόρο ευθύγραμμο αγωγό στο σημείο Z, το οποίο απέχει από τον αγωγό απόσταση  $r = 1$  cm. Στη συνέχεια να υπολογίσετε το μέτρο του διανύσματος  $\vec{B}_Z$ .

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ .

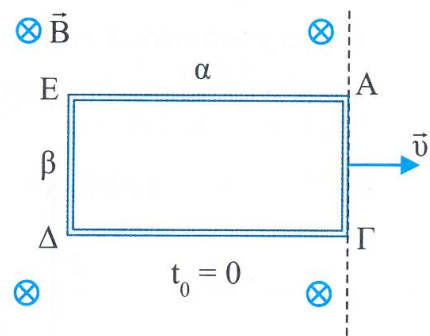
**32.** Οριζόντιο, τετράγωνο ισοπαχές συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΕ πλευράς  $\alpha = 1$  m και ωμικής αντίστασης  $R = 8 \Omega$  κινείται επί λείας οριζόντιας επιφάνειας με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου 5 m/s. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το πλαίσιο απέχει απόσταση  $d = 2$  m από το νοητό επίπεδο όριο (ε) κατακόρυφου, ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 2 T. Το πεδίο έχει μεγάλη έκταση και οι δυναμικές γραμμές του έχουν κατεύθυνση προς τα κάτω (από τον αναγνώστη προς τη σελίδα), όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



Να υπολογίσετε:

- α. Το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται στην πλευρά ΓΔ του πλαισίου τις χρονικές στιγμές **i.**  $t_1 = 0,3$  s και **ii.**  $t_2 = 0,5$  s.
- β. Τη μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου τη χρονική στιγμή  $t_2 = 0,5$  s.

**33.** Μεταλλικό, ορθογώνιο ισοπαχές πλαίσιο ΑΓΔΕ με ωμική αντίσταση ανά μονάδα μήκους  $R^* = (1/6) \Omega/m$  και μήκη πλευρών  $a = 1$  m και  $\beta = 0,5$  m κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου 2 m/s, μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 0,5 T. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

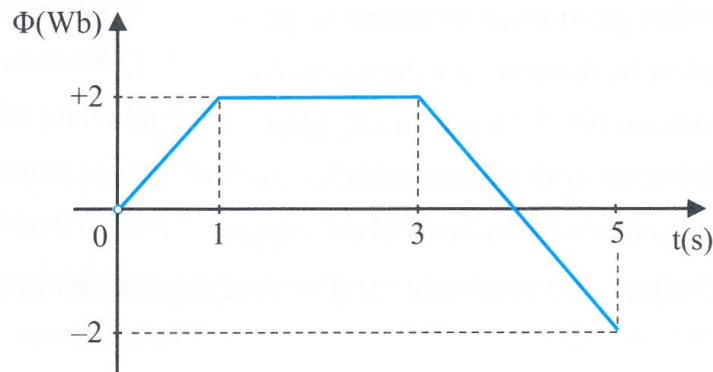


Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το πλαίσιο αρχίζει να εξέρχεται από το πεδίο. Να υπολογίσετε:

- α. Τη μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,4$  s.
- β. Τη θερμότητα Joule που εκλύθηκε από το πλαίσιο προς το περιβάλλον από τη χρονική στιγμή έναρξης της εξόδου του από το μαγνητικό πεδίο έως τη χρονική στιγμή που εξήλθε ολόκληρο από το πεδίο.

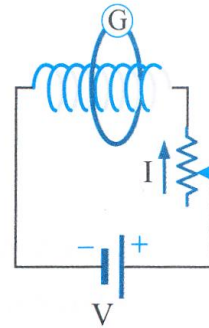
## Προβλήματα προς λύση

34. Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς  $a = 10 \text{ cm}$  έχει ωμική αντίσταση ανά μονάδα μήκους  $R^* = 0,5 \text{ } \Omega/\text{m}$ . Το πλαίσιο αποτελείται από  $N = 10$  σπείρες και βρίσκεται μέσα σε χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Η μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από την επιφάνεια κάθε σπείρας του πλαισίου μεταβάλλεται με τον χρόνο  $t$ , όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



- A. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση:
- Της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή  $E_{\text{ΕΠ}}$  που αναπτύσσεται στο πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
  - Της έντασης του επαγωγικού ρεύματος  $I$  που διαρρέει το πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
  - Της θερμικής ισχύος  $P$  που καταναλώνεται στο πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
- B. Πόσο φορτίο μετατοπίζεται μέσω μιας διατομής του σύρματος στο χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 5 \text{ s}$ ;
- Γ. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας Joule που απελευθερώνεται από το πλαίσιο προς το περιβάλλον στο χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 5 \text{ s}$ .

35. Το σωληνοειδές του διπλανού σχήματος αποτελείται από  $n = 1000$  σπείρες/m. Η διάμετρος κάθε σπείρας του σωληνοειδούς είναι  $\delta = 2$  cm. Η κεντρική περιοχή του σωληνοειδούς περιβάλλεται από κυκλικό αγωγό με  $N = 20$  σπείρες, διαμέτρου  $\delta_a = 4$  cm η καθεμία. Ο κυκλικός αγωγός παρουσιάζει ωμική αντίσταση  $R_a = 1 \Omega$ . Το επίπεδο του κυκλικού αγωγού είναι παράλληλο με το επίπεδο των σπειρών του σωληνοειδούς και το κέντρο του αγωγού βρίσκεται επί του άξονα του σωληνοειδούς.



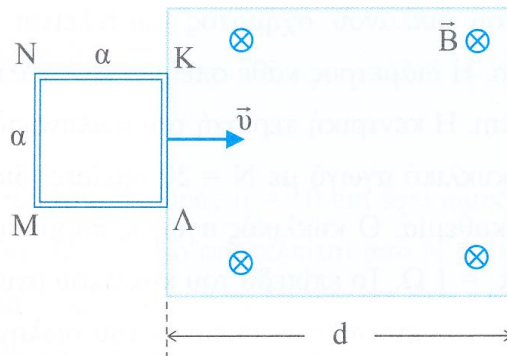
Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αρχίζουμε με κατάλληλο τρόπο να μεταβάλλουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές σύμφωνα με τη σχέση  $I = 50t$  (S.I.).

- Na υπολογίσετε τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που οφείλεται στο ρευματοφόρο σωληνοειδές στο κέντρο του κυκλικού αγωγού.
- Na προσδιορίσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό και στη συνέχεια να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της έντασής του.
- Na υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του επαγόμενου μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού.
- Με ποιον ρυθμό εκλύεται θερμότητα από τον κυκλικό αγωγό;

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ .

Για τις πράξεις θεωρήστε:  $\pi^2 = 10$ .

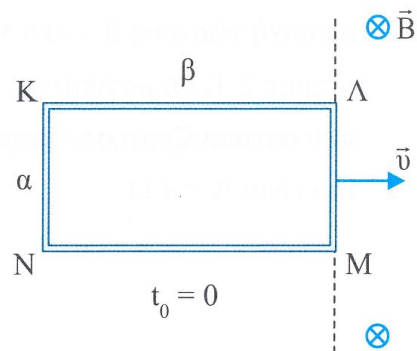
36. Τετράγωνο συμμάτινο πλαίσιο ΚΛΜΝ πλευράς  $a = 0,2$  m κινείται επάνω σε οριζόντιο δάπεδο χωρίς τριβές και διέρχεται με σταθερή ταχύτητα  $\bar{v}$ , μέτρου 1 m/s, από περιοχή πλάτους  $d = 0,8$  m όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 2 T. Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου με φορά που απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα. Η ωμική αντίσταση που παρουσιάζει το πλαίσιο είναι  $R = 4 \Omega$ .



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  το πλαίσιο εισέρχεται με την πλευρά του ΚΛ στο μαγνητικό πεδίο.

- A.** Για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η διέλευση του πλαισίου από το μαγνητικό πεδίο να γράψετε τις χρονικές εξισώσεις:
- α.** Της μαγνητικής ροής  $\Phi$  που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου.
  - β.** Της ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E_{\text{ΕΠ}}$  που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.
  - γ.** Της έντασης  $I$  του επαγωγικού ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
  - δ.** Του μέτρου της δύναμης Laplace  $\vec{F}$  που ασκείται στο πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο.
- B.** Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις:  $\Phi = f(t)$ ,  $E_{\text{ΕΠ}} = f(t)$ ,  $I = f(t)$ ,  $F = f(t)$ .
- Γ.** Να υπολογίσετε:
- α.** Τη διαφορά δυναμικού  $V_{\text{ΚΛ}}$  στα άκρα της πλευράς ΚΛ του πλαισίου κατά τη διάρκεια εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.
  - β.** Το συνολικό έργο της εξωτερικής δύναμης που ασκείται στο πλαίσιο κατά τη διάρκεια της διέλευσής του από το μαγνητικό πεδίο.

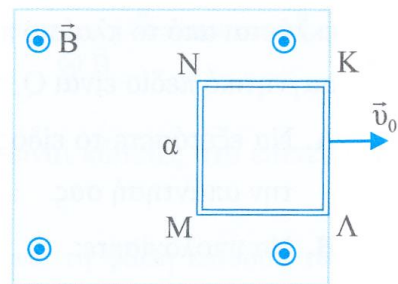
- 37.** Συρμάτινο, ορθογώνιο οριζόντιο πλαίσιο ΚΛΜΝ, με πλευρές  $\alpha = 0,5 \text{ m}$  και  $\beta = 1 \text{ m}$ , εμφανίζει ωμική αντίσταση  $R = 5 \Omega$  και κινείται επί λείας οριζόντιας επιφάνειας με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου  $5 \text{ m/s}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται σε κατακόρυφο, ομογενές και μεγάλης έκτασης μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $2 \text{ T}$ ,



χωρίς μεταβολή της κινητικής του κατάστασης. Το επίπεδο του πλαισίου είναι κάθετο στις μαγνητικές γραμμές, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

- α. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής της ροής που διέρχεται από το πλαίσιο τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,1$  s.
- β. Να παραστήσετε γραφικά σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων την ένταση  $I$  του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  από τη χρονική στιγμή  $t_0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2 = 0,25$  s.
- γ. Να υπολογίσετε το έργο της εξωτερικής δύναμης που πρέπει να ασκείται στο πλαίσιο κατά τη φάση εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.
- δ. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που εκλύεται από το πλαίσιο προς το περιβάλλον λόγω φαινομένου Joule. Τι παρατηρείτε;

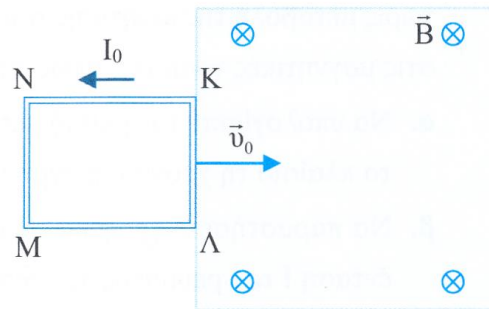
38. Στο διπλανό σχήμα το τετράγωνο πλαίσιο ΚΛΜΝ έχει μήκος πλευράς  $a = 1$  m, αντίσταση  $R = 0,5 \Omega$ , μάζα  $m = 400$  g και βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου 1 T, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου.



Η πλευρά ΚΛ του πλαισίου εφάπτεται της γραμμής που αποτελεί το δεξιό όριο του μαγνητικού πεδίου. Εκτοξεύουμε το πλαίσιο, όπως φαίνεται στο σχήμα, με ταχύτητα  $\vec{v}_0$  μέτρου 8 m/s, ώστε η πλευρά ΜΝ να φτάνει στο δεξιό όριο του πεδίου με ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου 3 m/s. Η κίνηση του πλαισίου γίνεται χωρίς τριβές επάνω σε οριζόντιο μονωτικό επίπεδο. Να υπολογίσετε:

- α. Τη θερμότητα Joule που εκλύεται από το πλαίσιο κατά τη διάρκεια της εξόδου του από το μαγνητικό πεδίο.
- β. Τον λόγο των μέτρων  $F_0/F$ , όπου  $F_0$  και  $F$  τα μέτρα των δυνάμεων Laplace που ασκούνται στο πλαίσιο τις χρονικές στιγμές της εκτόξευσης και της ολοκλήρωσης της εξόδου του πλαισίου από το μαγνητικό πεδίο αντίστοιχα.
- γ. Το φορτίο που διέρχεται από μία διατομή του σύρματος κατά τη διάρκεια εξόδου του πλαισίου από το πεδίο.

39. Συρμάτινο ορθογώνιο πλαίσιο ΚΛΜΝ έχει μάζα  $m = 200 \text{ g}$  και κινείται χωρίς τριβές επάνω σε οριζόντια επιφάνεια με ταχύτητα  $\vec{v}_0$ , μέτρου  $10 \text{ m/s}$ . Το πλαίσιο τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , εισέρχεται με την πλευρά του ΚΛ σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ .

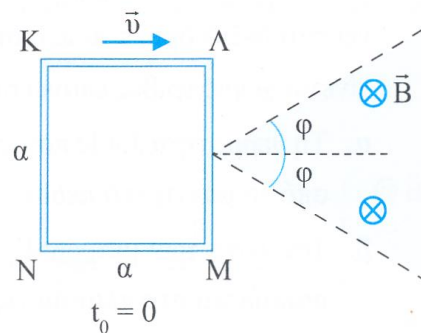


Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου και έχουν τη φορά του σχήματος.

Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο είναι  $I_0 = 0,5 \text{ A}$ , ενώ τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία ολοκληρώνεται η είσοδος του πλαισίου στο πεδίο—δηλαδή ελάχιστα πριν εισέλθει η πλευρά MN του πλαισίου στο πεδίο— η ένταση του ρεύματος είναι  $I_1$ . Η θερμότητα, λόγω φαινομένου Joule, που εκλύεται από το πλαίσιο προς το περιβάλλον κατά τη φάση εισόδου του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο είναι  $Q_1 = 8,4 \text{ J}$ .

- A.** Να εξετάσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί το πλαίσιο και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- B.** Να υπολογίσετε:
- α.** Το μέτρο της ταχύτητας του πλαισίου τη χρονική στιγμή  $t_1$ .
  - β.** Την ένταση  $I_1$  του ρεύματος.

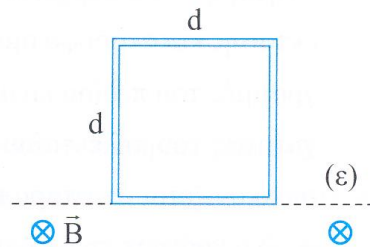
40. Οριζόντιο, συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο ΚΛΜΝ πλευράς  $a = 2 \text{ m}$  εμφανίζει ωμική αντίσταση  $R = 2 \Omega$  και κινείται επάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , μέτρου  $2 \text{ m/s}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , το μέσον της πλευράς ΛΜ του πλαισίου φθάνει στην κορυφή γωνίας  $2\varphi$ , με  $\epsilon\varphi\varphi = 0,5$ . Οι πλευρές της γωνίας  $2\varphi$  οριοθετούν ομογενές



μεγάλης έκτασης μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται στο πεδίο χωρίς μεταβολή της κινητικής του κατάστασης, με τη διεύθυνση της ταχύτητάς του κατά μήκος της διχοτόμου της γωνίας  $2\varphi$ . Το επίπεδο του πλαισίου είναι κάθετο στις μαγνητικές γραμμές, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

- α. Να γράψετε την εξίσωση της μαγνητικής ροής  $\Phi$  που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  για το χρονικό διάστημα από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1$  s.
- β. Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο για το χρονικό διάστημα  $\Delta t = t_1 - t_0$ .
- γ. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνεται στο πλαίσιο τη χρονική στιγμή  $t_2 = 0,5$  s.
- δ. Να υπολογίσετε το ηλεκτρικό φορτίο που διέρχεται από μία εγκάρσια διατομή του σύρματος του πλαισίου στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = t_1 - t_0$ .

41. Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο πλευράς  $d = 0,5$  m αφήνεται να πέσει ελεύθερα χωρίς αρχική ταχύτητα με το επίπεδό του κατακόρυφο. Αμέσως το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης οριζόντιας διεύθυνσης και μέτρου  $B = 2$  T. Το πεδίο οριοθετείται από οριζόντια γραμμή ( $\varepsilon$ ) και οι μαγνητικές γραμμές του είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.



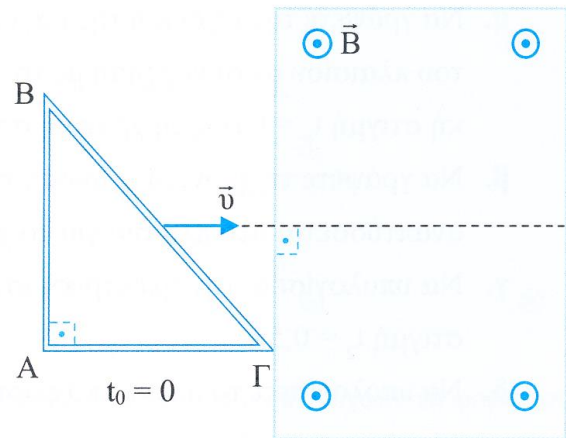
Τη χρονική στιγμή στην οποία το πλαίσιο ολοκληρώνει τη φάση εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο η επιτάχυνσή του μηδενίζεται. Η μάζα του πλαισίου είναι  $m = 100$  g και το σύρμα από το οποίο είναι κατασκευασμένο εμφανίζει αντίσταση ανά μονάδα μήκους  $R^* = 1 \Omega/m$ .

- α. Να γράψετε την εξίσωση του μέτρου  $a$  της επιτάχυνσης του πλαισίου σε συνάρτηση με το μέτρο  $v$  της ταχύτητάς του κατά τη φάση εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.
- β. Να υπολογίσετε τον μέγιστο ρυθμό μεταβολής του μέτρου της δύναμης Laplace που ασκείται στο πλαίσιο κατά τη φάση εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.
- γ. Να υπολογίσετε το ποσοστό της αρχικής δυναμικής ενέργειας του πλαισίου που μετατράπηκε σε θερμότητα κατά τη φάση εισόδου του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο.

Θεωρήστε ως επίπεδο μηδενικής βαρυτικής δυναμικής ενέργειας το οριζόντιο επίπεδο το οποίο διέρχεται από το κέντρο  $K$  του πλαισίου μόλις το τελευταίο ολοκληρώνει τη φάση εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

42. Μεταλλικό τριγωνικό πλαίσιο  $AB\Gamma$  με μήκη πλευρών  $(AB) = 0,4 \text{ m}$  και  $(A\Gamma) = 0,3 \text{ m}$  παρουσιάζει ωμική αντίσταση ανά μονάδα μήκους  $R^* = 0,2 \Omega/\text{m}$  και ολισθαίνει επί λείας οριζόντιας επιφάνειας με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , παράλληλη προς την πλευρά  $A\Gamma$  του τριγώνου και μέτρου  $0,3 \text{ m/s}$ . Το πλαίσιο τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  εισέρχεται σε μεγάλης έκτασης κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$ , μέτρου  $1 \text{ T}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου και το διάνυσμα της ταχύτητας του τελευταίου είναι κάθετο στο επίπεδο όριο του πεδίου, όπως ακριβώς απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.



- α. Να γράψετε τη μαγνητική ροή  $\Phi$  που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  για χρονική διάρκεια από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 1 \text{ s}$ .
- β. Να υπολογίσετε το ηλεκτρικό φορτίο  $\Delta q$  που διέρχεται από μία εγκάρσια διατομή του σύρματος του πλαισίου από τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  έως τη χρονική στιγμή κατά την οποία το πλαίσιο ολοκληρώνει τη φάση εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.

**Ενότητα 4<sup>η</sup> Στρεφόμενο πλαίσιο-Εναλλασσόμενη τάση-Εναλλασσόμενο ρεύμα-Ενεργός ένταση-Ενεργός τάση-Ο Νόμος του Joule -Ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος**

**A. Θέματα πολλαπλής επιλογής**

Για τα θέματα **1 - 19** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

**1.** Η παραγωγή εναλλασσόμενης τάσης στηρίζεται στο φαινόμενο:

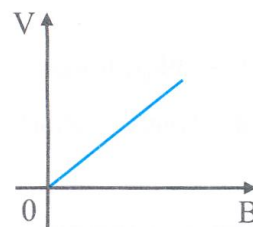
- α.** Joule (Τζάουλ).
- β.** Της επαγωγής.
- γ.** Της μαγνήτισης των υλικών.
- δ.** Της ηλεκτρίσης των σωμάτων.

**2.** Αγώγιμο πλαίσιο σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου στρέφεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου με σταθερή γωνιακή ταχύτητα γύρω από άξονα ο οποίος είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και ανήκει στο επίπεδο του πλαισίου. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από της σπείρες του πλαισίου:

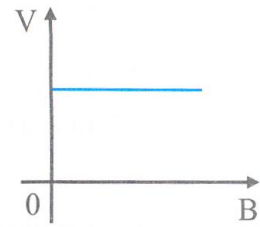
- α.** Παραμένει σταθερή.
- β.** Μεταβάλλεται γραμμικά σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- γ.** Μεταβάλλεται αρμονικά σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- δ.** Μεταβάλλεται εκθετικά σε συνάρτηση με τον χρόνο.

**3.** Πλαίσιο στρέφεται ομαλά μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το διάγραμμα που απεικονίζει ορθά το πλάτος  $V$  της εναλ-

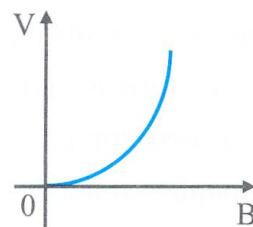
λασσόμενης τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα του πλαισίου σε συνάρτηση με το μέτρο  $B$  της έντασης του πεδίου είναι το:



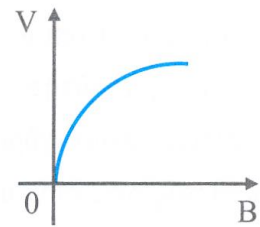
**α.**



**β.**



**γ.**



**δ.**

**4.** Η χρονική εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης που παράγεται στα άκρα πλαισίου το οποίο περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι η  $v = V\eta\mu(\omega t)$ . Εάν διπλασιαστεί το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$  περιστροφής του πλαισίου, τότε το πλάτος της τάσης θα:

- α.** Παραμένει σταθερό.
- β.** Υποδιπλασιαστεί.

- γ. Διπλασιαστεί.
- δ. Τετραπλασιαστεί.

**5.** Η χρονική εξίσωση της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα μεταλλικού πλαισίου  $N$  σπειρών το οποίο περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέτρου  $\omega$  μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι  $\eta \Phi = \Phi_0 \sin(\omega t)$ . Η εναλλασσόμενη τάση  $v$  που επάγεται στα άκρα του πλαισίου δίνεται από τη σχέση:

- α.  $v = N\Phi_0 \eta \sin(\omega t)$ .
- β.  $v = \omega \Phi_0 \eta \sin(\omega t)$ .
- γ.  $v = N\omega \Phi_0 \eta \sin(\omega t)$ .
- δ.  $v = N\omega \Phi_0 \sin(\omega t)$ .

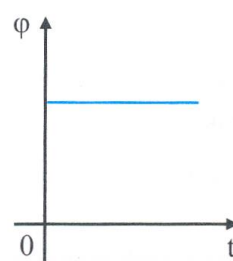
**6.** Η εναλλασσόμενη τάση που αναπτύσσεται στα άκρα ορθογωνίου συρμάτινου πλαισίου το οποίο στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, γύρω από άξονα που είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και βρίσκεται στο επίπεδο του πλαισίου, δεν εξαρτάται από:

- α. Τη συχνότητα περιστροφής του πλαισίου.
- β. Το πλήθος των σπειρών του πλαισίου.
- γ. Το εμβαδόν της επιφάνειας που ορίζει κάθε σπείρα του πλαισίου.
- δ. Το μήκος του σύρματος από το οποίο είναι κατασκευασμένο το πλαίσιο.

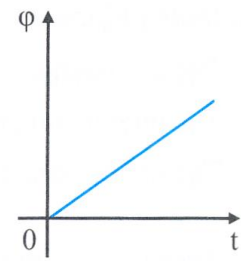
**7.** Σε μια αρμονικά εναλλασσόμενη τάση, το μέγεθος που δεν παραμένει χρονικά σταθερό είναι:

- α. Το πλάτος της τάσης.
- β. Η φάση.
- γ. Η κυκλική συχνότητα.
- δ. Η ενεργός τιμή.

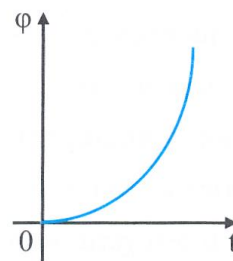
**8.** Το διάγραμμα που απεικονίζει ορθά τη φάση  $\varphi$  της ημιτονοειδούς εναλλασσόμενης τάσης σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  είναι το:



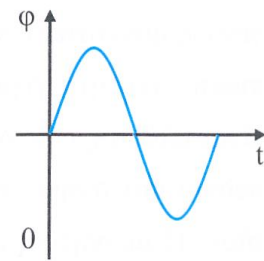
α.



β.



γ.



δ.

**9.** Τα αμπερόμετρα και τα βολτόμετρα που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος μετρούν αντίστοιχα τις:

- α. Ενεργές τιμές ρεύματος και τάσης.
- β. Στιγμιαίες τιμές ρεύματος και τάσης.
- γ. Μέγιστες τιμές ρεύματος και τάσης.
- δ. Μέσες τιμές ρεύματος και τάσης.

10. Στην Ελλάδα στα δίκτυα των πόλεων το πλάτος  $V$  και η συχνότητα  $f$  της εναλλασσόμενης τάσης στην κατανάλωση είναι αντίστοιχα:

α.  $V = 220\sqrt{2}$  V και  $f = 220$  Hz.

β.  $V = 50\sqrt{2}$  V και  $f = 100$  Hz.

γ.  $V = 220$  V και  $f = 50$  Hz.

δ.  $V = 220\sqrt{2}$  V και  $f = 50$  Hz.

11. Στα άκρα ωμικής αντίστασης εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση. Ο νόμος του Ohm ισχύει:

α. Για τις στιγμιαίες και τις μέγιστες τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος, αλλά όχι για τις ενεργές τιμές τους.

β. Για τις στιγμιαίες και τις ενεργές τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος, αλλά όχι για τις μέγιστες τιμές τους.

γ. Για τις μέγιστες και τις ενεργές τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος, αλλά όχι για τις στιγμιαίες τιμές τους.

δ. Για τις στιγμιαίες, τις μέγιστες και τις ενεργές τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος.

12. Εάν η εναλλασσόμενη τάση που εφαρμόζεται στα άκρα ωμικού αντιστάτη είναι ημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου, τότε η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει:

α. Παρουσιάζει μηδενική διαφορά φάσης με την τάση.

β. Έχει υποδιπλάσια συχνότητα συγκριτικά με αυτήν της τάσης.

γ. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της τάσης.

δ. Είναι χρονικά σταθερή.

13. Στα άκρα ωμικής αντίστασης εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu(2\pi t/T)$ , όπου  $T$  η περίοδος μεταβολής της τάσης. Η ένταση του ρεύματος μεγιστοποιείται κατ' απόλυτη τιμή για δεύτερη φορά μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$  τη χρονική στιγμή:

α.  $\frac{T}{4}$ .      β.  $\frac{T}{2}$ .      γ.  $\frac{3T}{4}$ .      δ.  $T$ .

14. Ωμικός αντιστάτης διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα με ενεργό τιμή έντασης  $I_{\text{ev}}$ . Όμοιος αντιστάτης διαρρέεται από συνεχές ρεύμα έντασης  $I_{\Sigma}$ . Αν στον ίδιο χρόνο τα θερμικά αποτελέσματα στους δύο αντιστάτες είναι ίδια, τότε ισχύει:

α.  $I_{\text{ev}} = 2I_{\Sigma}$ .      β.  $I_{\text{ev}} = I_{\Sigma}\sqrt{2}$ .

γ.  $I_{\text{ev}} = \frac{I_{\Sigma}}{\sqrt{2}}$ .      δ.  $I_{\text{ev}} = I_{\Sigma}$ .

15. Η ένδειξη κανονικής λειτουργίας μιας ηλεκτρικής συσκευής είναι 220 V. Η ένδειξη αυτή αναφέρεται σε:

α. Στιγμιαία τιμή.      β. Ενεργό τιμή.

γ. Μέγιστη τιμή.      δ. Μέση τιμή.

16. Η ενεργός ένταση εναλλασσόμενου ρεύματος είναι  $I_{\text{ev}} = \sqrt{2}$  A. Το πλάτος της έντασης του ρεύματος είναι:

α.  $I = 4$  A.

β.  $I = 1$  A.

γ.  $I = 2$  A.

δ.  $I = 0,5$  A.

17. Ωμικός αντιστάτης διαρρέεται από ημιτονοειδές εναλλασσόμενο ρεύμα πλάτους  $I$ . Σε χρόνο  $\Delta t$  εκλύεται από τον αντιστάτη στο περιβάλλον ποσό θερμότητας  $Q_J$ . Εάν το πλάτος της έντασης του ρεύματος γίνει  $2I$ , το ποσό θερμότητας που θα εκλύεται από τον αντιστάτη στο περιβάλλον σε χρόνο  $\Delta t$  θα είναι:

α.  $4Q_J$ ,    β.  $2Q_J$ ,    γ.  $\frac{Q_J}{4}$ ,    δ.  $\frac{Q_J}{2}$ .

18. Πλαίσιο αμελητέας ωμικής αντίστασης στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, έτσι ώστε στα άκρα του να παράγεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu(\omega t)$ . Στα άκρα του πλαισίου συνδέουμε μεταλλικό αγωγό. Εάν το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του πλαισίου διπλασιαστεί, τότε:

α. Η ενεργός τάση στα άκρα του αντιστάτη θα τετραπλασιαστεί.

β. Ο ρυθμός με τον οποίο το εναλλασσόμενο ρεύμα μεταφέρει στον αντιστάτη ενέργεια κάθε χρονική στιγμή θα διπλασιαστεί.

γ. Η μέση ισχύς στον αντιστάτη θα τετραπλασιαστεί.

δ. Ο ρυθμός μεταβολής της φάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος θα τετραπλασιαστεί.

19. Η στιγμιαία ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος σε ωμικό αντιστάτη:

α. Είναι ανάλογη της στιγμιαίας έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη.

β. Είναι ανάλογη του τετραγώνου της αντίστασης του αντιστάτη.

γ. Είναι ίση με τη μέση ισχύ που καταναλώνεται στον αντιστάτη.

δ. Έχει διπλάσια συχνότητα μεταβολής συγκριτικά με τη συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος.

## B. Θέματα του τύπου Σωστό / Λάθος

Να χαρακτηρίσετε κάθε πρόταση από τα θέματα 20 – 23 που ακολουθούν με το γράμμα Σ, εάν είναι σωστή, ή με το γράμμα Λ, εάν είναι λανθασμένη.

20. Εναλλασσόμενη τάση παράγεται στα άκρα τετράγωνου μεταλλικού πλαισίου το οποίο στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Ο άξονας περιστροφής του πλαισίου είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και διέρχεται από τα μέσα των απέναντι πλευρών του πλαισίου. Το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης αυξάνεται, αν:

- α. Αυξήσουμε το εμβαδόν του πλαισίου.
- β. Μειώσουμε τον αριθμό των σπειρών του πλαισίου.
- γ. Αυξήσουμε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
- δ. Αυξήσουμε το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του πλαισίου.
- ε. Αλλάξουμε το υλικό κατασκευής του πλαισίου.

**21.** Η ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος με περίοδο  $T$  το οποίο διαρρέει ωμικό αντιστάτη αντίστασης  $R$  δίνεται από τη σχέση  $i = I\eta\mu(2\pi t/T)$ .

α. Η εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα του αντιστάτη γίνεται μέγιστη για πρώτη φορά τη χρονική στιγμή  $t_1 = T/2$ .

β. Η χρονική εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης στα άκρα του αντιστάτη είναι  $v = IR\eta\mu(2\pi t/T)$ .

γ. Η μέση ισχύς που καταναλώνεται στον αντιστάτη είναι  $P = I^2R$ .

δ. Σε χρονικό διάστημα  $\Delta t = T/2$  η θερμότητα που παράγεται στον αντιστάτη είναι  $Q_j = 0,5I^2RT$ .

**22.** Οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος σε μεταλλικό αγωγό στα άκρα του οποίου εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση:

α. Κινούνται συνεχώς προς την ίδια κατεύθυνση.

β. Στον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών συγκρούσεών τους με τα ιόντα του πλέγματος κινούνται ευθύγραμμα ομαλά.

γ. Καθώς ταλαντώνονται, προσκρούουν στα ιόντα του πλέγματος και χάνουν την ενέργεια που τους παρέχει η πηγή για την κίνησή τους.

**23.** Όταν στα άκρα ωμικού αντιστάτη εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση, τότε η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει:

α. Έχει μεγαλύτερη φάση από την τάση.

β. Έχει διπλάσιο πλήθος εναλλαγών των τιμών της ανά μονάδα χρόνου σε σχέση με το αντίστοιχο πλήθος εναλλαγών της τάσης.

γ. Είναι ανάλογη της τάσης.

δ. Μηδενίζεται ταυτόχρονα με την τάση.

### Γ. Θέματα πολλαπλής επιλογής με αιτιολόγηση

Σε καθένα από τα θέματα **24 – 34** να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**24.** Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο με μήκος πλευράς  $a$  έχει  $N$  σπείρες και στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα μέτρου  $\omega$  εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, έτσι ώστε στα άκρα του να παράγεται εναλλασσόμενη τάση πλάτους  $V$ . Με το σύρμα του πλαισίου κατασκευάζουμε δεύτερο τετράγωνο πλαίσιο με μήκος πλευράς  $\beta$  και αριθμό

σπειρών  $N'$ . Το δεύτερο πλαίσιο αρχίζει να στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα μέτρου  $\omega$  εντός του μαγνητικού πεδίου όπου στρέφονταν το πρώτο πλαίσιο, με αποτέλεσμα στα άκρα του να παράγεται εναλλασσόμενη τάση πλάτους  $V'$ . Ισχύει η σχέση:

**α.**  $\frac{V}{V'} = \frac{\alpha}{\beta}$ .      **β.**  $\frac{V}{V'} = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2$ .

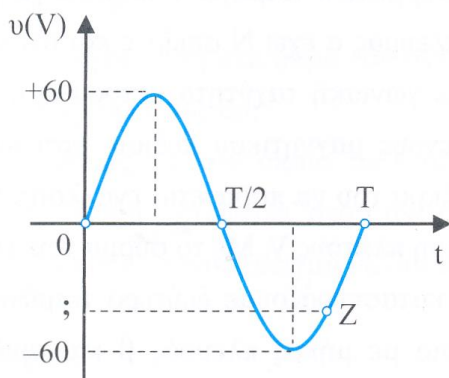
**γ.**  $\frac{V}{V'} = \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}$ .

**25.** Αντιστάτης αντίστασης  $R = 10 \Omega$  διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η ένταση περιγράφεται από την εξίσωση  $i = 10\eta\mu(\omega t)$  (S.I.). Τη χρονική στιγμή κατά την οποία η φάση του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι  $(7\pi/6)$  rad, η τάση στα άκρα του αντιστάτη είναι:

**α.**  $v = -50 \text{ V}$ .      **β.**  $v = +100 \text{ V}$ .

**γ.**  $v = -50\sqrt{3} \text{ V}$ .

**26.** Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η χρονική μεταβολή της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζουμε στα άκρα αντιστάτη.



Το σημείο  $Z$  της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί σε φάση  $\varphi_Z = (5\pi/3)$  rad. Το ερωτηματικό στο διάγραμμα πρέπει να αντικατασταθεί με την τιμή:

**α.**  $-30$ .      **β.**  $-30\sqrt{3}$ .      **γ.**  $-30\sqrt{2}$ .

**27.** Ωμικός αντιστάτης διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα της μορφής  $i = I\eta\mu(\omega t)$ , όπου  $I$  το πλάτος της έντασης του ρεύματος και  $\omega$  η γωνιακή του συχνότητα. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η στιγμιαία τιμή της έντασης  $i$  γίνεται ίση με την ενεργό τιμή της έντασης του ρεύματος για πρώτη φορά. Η περίοδος  $T$  του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι:

**α.**  $T = 16t_1$ .      **β.**  $T = 8t_1$ .      **γ.**  $T = 4t_1$ .

**28.** Δύο όμοια τετράγωνα πλαίσια (1) και (2) βρίσκονται εντός του ίδιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Τα δύο πλαίσια είναι τοποθετημένα έτσι, ώστε η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια καθενός από αυτά να είναι μέγιστη. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  τα δύο πλαίσια αρχίζουν να στρέφονται ομόρροπα γύρω από άξονες που διέρχονται από τα μέσα των απέναντι πλευρών τους και είναι κάθετοι στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Η εναλλασσόμενη τάση που παράγεται στο πλαίσιο (1) αποκτά για πρώτη φορά μέγιστη τιμή, μετά τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ , τη χρονική στιγμή  $t_1$ . Την ίδια χρονική στιγμή  $t_1$  η τάση που αναπτύσσεται στο πλαίσιο (2) αποκτά μηδενική τιμή για πρώτη φορά, μετά τη χρο-

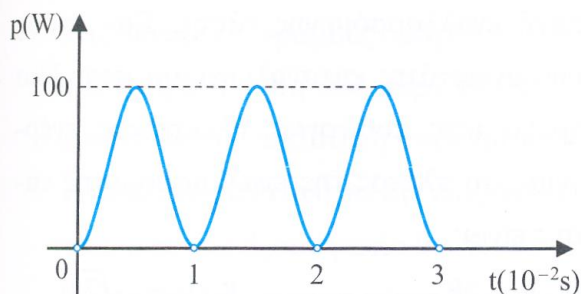
νική στιγμή  $t_0 = 0$ . Εάν η χρονική εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης στο πλαίσιο (1) είναι η  $v_1 = V_1 \eta\mu(\omega_1 t)$ , τότε η αντίστοιχη εξίσωση στο πλαίσιο (2) θα είναι:

**α.**  $v_2 = V_1 \eta\mu(2\omega_1 t)$ .

**β.**  $v_2 = 2V_1 \eta\mu(\omega_1 t + \pi)$ .

**γ.**  $v_2 = 2V_1 \eta\mu(2\omega_1 t)$ .

**29.** Στα άκρα ωμικού αντιστάτη εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V \eta\mu(\omega t)$ . Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται γραφικά η στιγμιαία ισχύς  $p$  του εναλλασσόμενου ρεύματος που καταναλώνεται στον αντιστάτη σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .



**A.** Η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης είναι:

**α.**  $f = 100 \text{ Hz}$ .

**β.**  $f = 50 \text{ Hz}$ .

**γ.**  $f = 25 \text{ Hz}$ .

**B.** Η μέση ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος που καταναλώνεται στον αντιστάτη είναι:

**α.**  $P = 200 \text{ W}$ .

**β.**  $P = 100 \text{ W}$ .

**γ.**  $P = 50 \text{ W}$ .

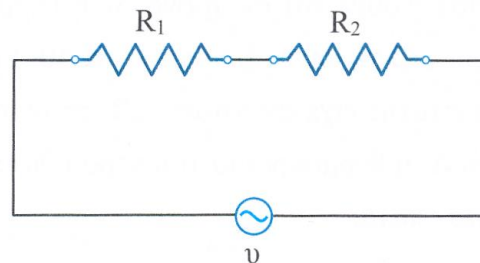
**30.** Ωμικός αντιστάτης διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα με ένταση πλάτους  $I$  και σε χρόνο  $\Delta t$  καταναλώνει ενέργεια  $W$ . Εάν διέρρει τον αντιστάτη συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ , για να καταναλώσει ενέργεια  $W$  θα απαιτούνταν χρόνος:

**α.**  $\Delta t' = \frac{\Delta t}{2}$ .

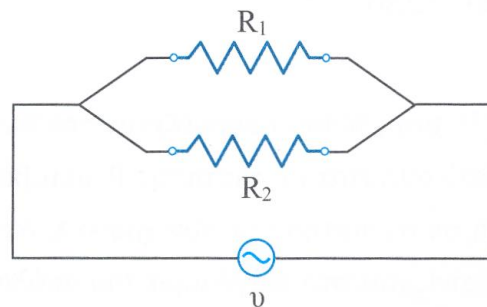
**β.**  $\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{2}}$ .

**γ.**  $\Delta t' = \Delta t \sqrt{2}$ .

**31.** Δύο ωμικοί αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_2$  συνδέονται αρχικά σε σειρά (σχήμα α) και στη συνέχεια παράλληλα (σχήμα β). Στα άκρα του διπόλου που σχηματίζεται κάθε φορά συνδέεται πηγή εναλλασσόμενης τάσης αμελητέας αντίστασης.



Σχήμα α



Σχήμα β

Εάν  $P_{\Sigma}$  και  $P_{\Pi}$ , με  $P_{\Pi} = (25/4)P_{\Sigma}$  είναι οι τιμές της μέσης ισχύος που προσφέρει η πηγή στα κυκλώματα των σχημάτων α και β αντίστοιχα, ισχύουν οι σχέσεις:

**α.**  $R_2 = \frac{R_1}{2}$  ή  $R_2 = 2R_1$ .

**β.**  $R_2 = \frac{R_1}{4}$  ή  $R_2 = 4R_1$ .

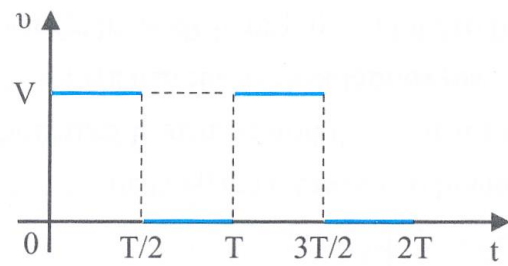
**γ.**  $R_2 = \frac{R_1}{5}$  ή  $R_2 = 5R_1$ .

**32.** Πειραματιζόμενοι, εφαρμόζουμε στα άκρα αντιστάτη αντίστασης  $R$  εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu(\omega t)$ . Αξιοποιούμε το συνολικό ποσό θερμότητας που απελευθερώνει ο αντιστάτης, προκειμένου να θερμάνουμε ορισμένη ποσότητα νερού. Διαπιστώνουμε ότι σε χρόνο  $\Delta t$  η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται κατά  $\Delta\theta$ . Εάν ο αντιστάτης είχε αντίσταση  $2R$ , στον ίδιο χρόνο  $\Delta t$  η θερμοκρασία του νερού θα αυξανόταν κατά:

**α.**  $\Delta\theta' = \frac{\Delta\theta}{2}$ .                      **β.**  $\Delta\theta' = \Delta\theta$ .

**γ.**  $\Delta\theta' = 2\Delta\theta$ .

**33.** Η τάση  $v$  που εφαρμόζεται στα άκρα ωμικού αντιστάτη αντίστασης  $R$  μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ , όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



Η ενεργός τιμή της παραπάνω τάσης είναι:

**α.**  $V_{\text{ev}} = \frac{V}{\sqrt{3}}$ .                      **β.**  $V_{\text{ev}} = \frac{V}{2}$ .

**γ.**  $V_{\text{ev}} = \frac{V}{\sqrt{2}}$ .

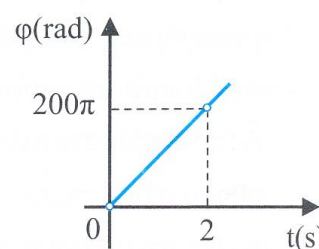
**34.** Ιδανική πηγή συνεχούς τάσης με ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  συνδέεται με ωμικό αντιστάτη αντίστασης  $R$ . Δεύτερος ωμικός αντιστάτης με αντίσταση  $4R$  συνδέεται με πηγή εναλλασσόμενης τάσης. Εάν στους δύο αντιστάτες καταναλώνονται στον ίδιο χρόνο ίσες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης είναι:

**α.**  $V = 2E$ .                      **β.**  $V = 2\sqrt{2}E$ .

**γ.**  $V = \sqrt{2}E$ .

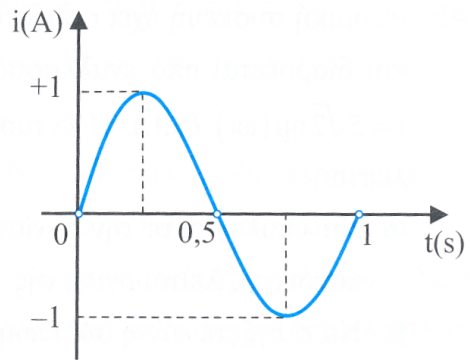
## Ασκήσεις προς λύση

- 35.** Τετράγωνο αγώγιμο πλαίσιο, το οποίο αποτελείται από  $N = 200$  σπείρες, έχει αμελητέα ωμική αντίσταση και μήκος πλευράς  $a = 0,2$  m. Το πλαίσιο βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = (1/\pi)$  T και περιστρέφεται με περίοδο  $T = 0,01$  s γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών του και είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Τα άκρα του πλαισίου συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης  $R = 40$  Ω. Να υπολογίσετε:
- Την ενεργό τιμή της παραγόμενης εναλλασσόμενης τάσης στα άκρα του πλαισίου.
  - Το χρονικό διάστημα εντός του οποίου ο αντιστάτης αποδίδει στο περιβάλλον ποσό θερμότητας ίσο με  $Q = 8000$  J.
- 36.** Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο, με πλευρά  $a = 20$  cm και αμελητέα ωμική αντίσταση, αποτελείται από  $N = 100$  σπείρες και περιστρέφεται με γωνιακή συχνότητα  $\omega = 125$  rad/s γύρω από άξονα ο οποίος βρίσκεται στο επίπεδο του πλαισίου και είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Η μέγιστη τιμή που λαμβάνει η επαγόμενη τάση στα άκρα του πλαισίου είναι  $V = 250$  V. Τα άκρα του πλαισίου συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης  $R = 25$  Ω. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το διάνυσμα  $\vec{A}$  που προσανατολίζει την επιφάνεια του πλαισίου και η ένταση  $\vec{B}$  του μαγνητικού πεδίου σχηματίζουν γωνία  $\theta = 0^\circ$ .
- Να υπολογίσετε το μέτρο  $B$  της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
  - Να γράψετε την εξίσωση της μαγνητικής ροής που διέρχεται από μία σπείρα του πλαισίου σε συνάρτηση με τον χρόνο και να υπολογίσετε την τιμή της τη χρονική στιγμή  $t = (\pi/125)$  s.
- 37.** Σε αντιστάτη αντίστασης  $R = 110$  Ω εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση  $v = 220\eta\mu(50\pi t)$  (S.I.).
- Να υπολογίσετε τη συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης.
  - Να υπολογίσετε το πλάτος της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.
  - Να υπολογίσετε το ποσό της θερμότητας που παράγεται από τον αντιστάτη σε χρόνο δέκα περιόδων.

38. Αντιστάτης αντίστασης  $R = 20 \Omega$  διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα, η ένταση του οποίου είναι της μορφής  $i = 0,5\eta\mu(100t)$  (S.I.).
- Να υπολογίσετε τη μέση ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης.
  - Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της τάσης στα άκρα του αντιστάτη και να την παραστήσετε γραφικά σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 0,04\pi$  s.
  - Ποια είναι η ελάχιστη τιμή της στιγμιαίας ισχύος που καταναλώνει ο αντιστάτης;
39. Αντιστάτης έχει στα άκρα του ενεργό τάση  $V_{\text{ε}\nu}$  και διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα ενεργού έντασης  $I_{\text{ε}\nu} = 3$  A. Εάν διπλασιάσουμε την ενεργό τάση στα άκρα του αντιστάτη, η μέση ισχύς που αυτός καταναλώνει ισούται με 72 W.
- Πόση είναι η ενεργός ένταση του ρεύματος μετά τον διπλασιασμό της ενεργού τάσης;
  - Να υπολογίσετε την αντίσταση του αντιστάτη.
  - Πόση είναι η μέγιστη τιμή της στιγμιαίας ισχύος που καταναλώνει ο αντιστάτης πριν από τον διπλασιασμό της ενεργού τάσης;
40. Η φάση της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα ενός αντιστάτη μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο, όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα του διπλανού σχήματος.
- 
- Να υπολογίσετε τη γωνιακή συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης.
  - Εάν ο μέσος χρονικός ρυθμός με τον οποίο καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια ο αντιστάτης είναι 100 J/s, πόση είναι η στιγμιαία τιμή της ηλεκτρικής ισχύος που προσφέρεται στον αντιστάτη τη χρονική στιγμή  $t = 25$  ms;
41. Στα άκρα ενός αντιστάτη εφαρμόζουμε εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = 8\eta\mu(5t)$  (S.I.). Η χρονική εξίσωση της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη είναι  $i = 0,1\eta\mu(5t)$  (S.I.). Να υπολογίσετε:
- Την αντίσταση του αντιστάτη.
  - Τη μέση ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης.
  - Την ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης τη χρονική στιγμή  $t = (\pi/15)$  s.

42. Η γραφική παράσταση της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει αντίστατη αντίστασης  $R = 8 \Omega$  απεικονίζεται στο διάγραμμα του διπλανού σχήματος.

- α. Να γράψετε την εξίσωση της τάσης στα άκρα του αντιστάτη σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- β. Να προσδιορίσετε την πρώτη χρονική στιγμή μετά τη χρονική στιγμή  $t = 1 \text{ s}$  στην οποία η τάση στα άκρα του αντιστάτη είναι  $v = 4\sqrt{2} \text{ V}$ .

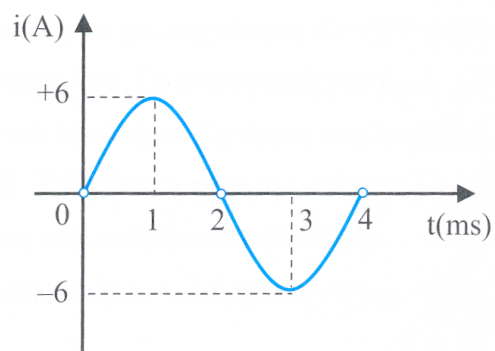


43. Στα άκρα αντιστάτη αντίστασης  $R = 4 \Omega$  εφαρμόζουμε εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu(\omega t)$ . Όταν η φάση του ρεύματος είναι  $(\pi/4) \text{ rad}$ , η στιγμιαία τιμή της εναλλασσόμενης τάσης είναι  $16 \text{ V}$ .

- α. Να υπολογίσετε την ενεργό τιμή της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- β. Εάν η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης είναι  $f = 5 \text{ Hz}$ , να γράψετε την εξίσωση της στιγμιαίας ισχύος που καταναλώνει ο αντιστάτης σε συνάρτηση με τον χρόνο και να την παραστήσετε γραφικά σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 0,2 \text{ s}$ .

44. Αντιστάτης αντίστασης  $R = 10 \Omega$  διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η ένταση  $i$  μεταβάλλεται με τον χρόνο  $t$  όπως δείχνει το διάγραμμα του διπλανού σχήματος

- α. Να υπολογίσετε τη μέση ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης.
- β. Να γράψετε την εξίσωση της έντασης  $i$  του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
- γ. Να υπολογίσετε την τάση στα άκρα του αντιστάτη τη χρονική στιγμή στην οποία η τιμή της έντασης του ρεύματος που τον διαρρέει ισούται με το αντίθετο της ενεργού τιμής της ( $i = -I_{\text{εν}}$ ).



- 45.** Θερμική συσκευή έχει ενδείξεις κανονικής λειτουργίας  $V_{\kappa} = 100 \text{ V}$  και  $P_{\kappa} = 500 \text{ W}$  και διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η ένταση είναι της μορφής  $i = 5\sqrt{2}\eta\mu(\omega t)$  (S.I.). Η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται 600 φορές το δευτερόλεπτο.
- α.** Να υπολογίσετε την αντίσταση  $R_{\sigma}$  της συσκευής και την ένταση του ρεύματος κανονικής λειτουργίας της.
  - β.** Να ελέγξετε εάν η συσκευή λειτουργεί κανονικά.
  - γ.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της τάσης στα άκρα συσκευής.

## Προβλήματα προς λύση

46. Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο αποτελείται από  $N = 50$  σπείρες και περιστρέφεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B = 1 \text{ T}$  γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών του. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στον άξονα περιστροφής του πλαισίου. Από κάθε σπείρα του πλαισίου, η οποία παρουσιάζει αντίσταση  $R_1 = 0,1 \ \Omega$ , διέρχεται μαγνητική ροή της μορφής  $\Phi = 4 \cdot 10^{-2} \sin(200t)$ . Συνδέουμε τα άκρα του πλαισίου με αντιστάτη αντίστασης  $R = 5 \ \Omega$ .
- Na υπολογίσετε το μήκος  $a$  της πλευράς του πλαισίου.
  - Πόσο είναι το πλάτος της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα;
  - Na γράψετε την εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης  $v_R$  στα άκρα του αντιστάτη σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  και να την παραστήσετε γραφικά σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα της πρώτης περιόδου.
  - Κατά πόσο πρέπει να μεταβληθεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου, ώστε ο μέσος ρυθμός με τον οποίο εκλύεται θερμότητα από τον αντιστάτη στο περιβάλλον να τετραπλασιαστεί;
47. Κυκλικό αγωγίμο πλαίσιο αμελητέας αντίστασης, το οποίο αποτελείται από  $N = 10$  σπείρες ακτίνας  $a = 20 \text{ cm}$  η καθεμία, βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B = (2/\pi) \text{ T}$ . Το πλαίσιο περιστρέφεται με συχνότητα  $f = (20/\pi) \text{ Hz}$  γύρω από άξονα ο οποίος ταυτίζεται με μια διάμετρό του. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στον άξονα περιστροφής του πλαισίου. Τα άκρα του πλαισίου γεφυρώνονται με αντιστάτη αντίστασης  $R = 8 \ \Omega$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου.
- Na υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από μια σπείρα του πλαισίου.
  - Na γράψετε την εξίσωση της έντασης  $i$  του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  και να σχεδιάσετε την αντίστοιχη γραφική παράσταση  $i = f(t)$  σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα της πρώτης περιόδου.

- γ.** Να υπολογίσετε την τιμή της τάσης στα άκρα του πλαισίου τη χρονική στιγμή στην οποία το πλαίσιο συμπληρώνει τη δεύτερη περιστροφή του.
- δ.** Κατά πόσο πρέπει να μεταβληθεί η συχνότητα περιστροφής του πλαισίου, προκειμένου η μέση ηλεκτρική ισχύς που προσφέρεται στον αντιστάτη να υποτετραπλασιαστεί;
- 48.** Ορθογώνιο μεταλλικό πλαίσιο με πλευρές  $\alpha = 10 \text{ cm}$  και  $\beta = 20 \text{ cm}$  αποτελείται από  $N = 100$  σπείρες, έχει αντίσταση  $R_{\pi} = 10 \ \Omega$  και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega = 100 \text{ rad/s}$  γύρω από σταθερό άξονα ο οποίος διέρχεται από τα μέσα των δύο απέναντι μεγαλύτερων πλευρών του. Το πλαίσιο βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου του οποίου η ένταση έχει διεύθυνση κάθετη στον άξονα περιστροφής του πλαισίου και μέτρο  $B = 0,5 \text{ T}$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου.
- α.** Να γράψετε την εξίσωση της μαγνητικής ροής  $\Phi$  που διέρχεται από μια σπείρα του πλαισίου σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$  και να σχεδιάσετε την αντίστοιχη γραφική παράσταση  $\Phi = f(t)$  σε ορθογώνιο σύστημα βαθμολογημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 0,02\pi \text{ s}$ .
- Συνδέουμε στα άκρα του πλαισίου αντιστάτη αντίστασης  $R = 40 \ \Omega$ .
- β.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- γ.** Πόση θερμότητα εκλύεται στο περιβάλλον εξαιτίας της αντίστασης του πλαισίου σε χρόνο ίσο με τον χρόνο που απαιτείται για να διαγράψει το πλαίσιο 10 περιστροφές;
- Δίνεται για τις πράξεις:  $\pi = 3,14$ .
- 49.** Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = 4 \ \Omega$  και  $R_2 = 12 \ \Omega$  συνδέονται παράλληλα και στα άκρα του συστήματος εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση, η οποία περιγράφεται από την εξίσωση  $v = 12\eta\mu(150t)$  (S.I.).
- α.** Να υπολογίσετε τον μέσο ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα στο περιβάλλον από τον αντιστάτη αντίστασης  $R_1$ .
- β.** Να υπολογίσετε το ποσό της θερμότητας που αποδίδει ο αντιστάτης αντίστασης  $R_2$  στο περιβάλλον σε χρόνο  $\Delta t = 2 \text{ min}$ .

- γ. Αντικαθιστούμε τους δύο αντιστάτες με τρίτο αντιστάτη αντίστασης ίσης με την ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος των δύο αντιστατών. Να γράψετε την εξίσωση της έντασης  $i$  του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει τον τρίτο αντιστάτη σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
50. Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = 5 \Omega$  και  $R_2$  συνδέονται σε σειρά και στα άκρα του συστήματος εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση, η οποία περιγράφεται από την εξίσωση  $v = 60\sqrt{2} \eta\mu(200t)$  (S.I.). Η μέση ισχύς που καταναλώνει ο αντιστάτης αντίστασης  $R_1$  είναι 125 W.
- α. Να γράψετε την εξίσωση της έντασης  $i$  που διαρρέει τους δύο αντιστάτες σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .
- β. Να υπολογίσετε την αντίσταση  $R_2$ .
- γ. Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης στα άκρα του αντιστάτη αντίστασης  $R_2$ .
- δ. Να υπολογίσετε την τιμή του λόγου της μέγιστης στιγμιαίας ισχύος προς τη μέση ισχύ που καταναλώνεται στο σύστημα των δύο αντιστατών.
51. Θερμική συσκευή με χαρακτηριστικά λειτουργίας  $P_\kappa = 10 \text{ W}$  και  $V_\kappa = 20 \text{ V}$  συνδέεται σε σειρά με μεταλλικό αγωγό αντίστασης  $R = 20 \Omega$ . Στα άκρα της διάταξης εφαρμόζουμε εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $v = V\eta\mu(\omega t)$  με γωνιακή συχνότητα  $\omega = 250 \text{ rad/s}$  και πλάτος  $V = 30\sqrt{2} \text{ V}$ .
- α. Να δείξετε ότι η συσκευή λειτουργεί κανονικά.
- β. Να γράψετε την εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- γ. Να γράψετε την εξίσωση της τάσης στα άκρα της συσκευής σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- δ. Εάν το ποσό θερμότητας που παράγεται στη συσκευή σε ορισμένο χρόνο είναι  $Q_\sigma = 600 \text{ J}$ , να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που παράγεται στον αγωγό, στον ίδιο χρόνο.

- 52.** Τετράγωνο αγώγιμο πλαίσιο πλευράς  $a = 0,2 \text{ m}$  και αμελητέας αντίστασης αποτελείται από  $N = 200$  σπείρες και περιστρέφεται, με σταθερή γωνιακή ταχύτητα, γύρω από άξονα που διέρχεται από τα μέσα δύο απέναντι πλευρών του εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B = 0,2 \text{ T}$ . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες προς τον άξονα περιστροφής του πλαισίου και, επιπλέον, τη χρονική στιγμή  $t = 0$  είναι κάθετες στο επίπεδο του πλαισίου. Το πλαίσιο συμπληρώνει μία περιστροφή γύρω από τον άξονα περιστροφής του κάθε  $0,01\pi \text{ s}$ . Συνδέουμε στα άκρα του πλαισίου ηλεκτρικό λαμπτήρα με στοιχεία κανονικής λειτουργίας  $V_{\kappa} = 200 \text{ V}$  και  $P_{\kappa} = 250 \text{ W}$ .
- α.** Να υπολογίσετε την τιμή της αντίστασης του λαμπτήρα.
  - β.** Να διερευνήσετε εάν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά.
  - γ.** Να προσδιορίσετε το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που δαπανά ο λαμπτήρας για συνεχή λειτουργία του επί  $4 \text{ h}$ , εάν γνωρίζετε ότι η αξία  $1 \text{ kWh}$  είναι  $0,2$  ευρώ.
  - δ.** Πόσο τοις εκατό (%) πρέπει να μεταβάλουμε τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου, ώστε ο λαμπτήρας να λειτουργεί κανονικά;
- Δίνεται για τις πράξεις:  $\sqrt{2} = 1,4$ .

- 53.** Στα άκρα αντιστάτη αντίστασης  $R = 20 \ \Omega$  συνδέουμε γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη έχει τη μορφή  $i = 2\eta\mu(\omega t)$  (S.I.). Η ελάχιστη χρονική διάρκεια μεταξύ ενός μηδενισμού και μιας μεγιστοποίησης της τιμής της έντασης είναι  $\Delta t = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ .
- A. α.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της τάσης που παράγει η γεννήτρια.
    - β.** Με ποιον ρυθμό αναπτύσσεται θερμότητα στον αντιστάτη τη χρονική στιγμή στην οποία η φάση της εναλλασσόμενης τάσης είναι  $0,25\pi \text{ rad}$ ;
    - γ.** Να προσδιορίσετε τις χρονικές στιγμές στις οποίες η εναλλασσόμενη τάση γίνεται ίση με την ενεργό τιμή της για πρώτη και για δεύτερη φορά μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ .
  - B.** Σε σειρά με τον αντιστάτη συνδέουμε δεύτερο αντιστάτη τριπλάσιας αντίστασης και στα άκρα του συστήματος των δύο αντιστατών συνδέουμε τη γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης.
    - α.** Σε πόσο χρόνο η θερμότητα που αναπτύσσεται στον δεύτερο αντιστάτη ισούται με  $15 \text{ J}$ ;

**β.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το σύστημα των δύο αντιστατών καθώς και τη χρονική εξίσωση της τάσης στα άκρα του δεύτερου αντιστάτη.

**54.** Συνδέουμε τα άκρα αντιστάτη στους πόλους πηγής συνεχούς τάσης που έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 44 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 1 \ \Omega$ . Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_1 = 4 \text{ A}$ .

**A.** Να υπολογίσετε:

**α.** Την αντίσταση  $R$  του αντιστάτη.

**β.** Το ποσό θερμότητας  $Q_1$  που εκλύεται από τον αντιστάτη σε χρόνο  $\Delta t_1 = 1 \text{ min}$ . Αποσυνδέουμε τα άκρα του αντιστάτη από τους πόλους της πηγής συνεχούς τάσης και τα συνδέουμε στους πόλους γεννήτριας εναλλασσόμενης τάσης της μορφής  $v = V\eta\mu(20\pi t)$ . Διαπιστώνουμε ότι σε χρόνο  $\Delta t_2 = 2 \text{ min}$  το ποσό θερμότητας που εκλύεται από τον αντιστάτη είναι  $Q_2 = 2Q_1$ .

**B.** Να υπολογίσετε:

**α.** Το πλάτος της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

**β.** Τη φάση της εναλλασσόμενης τάσης τη χρονική στιγμή κατά την οποία η τιμή της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος ισούται με την ενεργό τιμή της για πρώτη φορά μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ .

**γ.** Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της μέσης ισχύος που καταναλώνει ο αντιστάτης σε συνάρτηση με τον χρόνο σε βαθμολογημένους άξονες για το χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 2T$ , όπου  $T$  η περίοδος της εναλλασσόμενης τάσης.

Θεωρήστε ότι η γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση.

### Ενότητα 5<sup>η</sup> Αυτεπαγωγή

#### A. Θέματα πολλαπλής επιλογής

Για τα θέματα 1 - 24 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

1. Η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή σε ένα κύκλωμα:

α. Είναι ανάλογη του χρονικού διαστήματος στο οποίο μεταβάλλεται το ρεύμα.

β. Είναι αντιστρόφως ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα.

γ. Είναι ανάλογη του συντελεστή αυτεπαγωγής.

δ. Είναι ανεξάρτητη του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα.

2. Για την ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή  $E_{\text{AYT}}$  σε ένα κύκλωμα το οποίο διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $i$  ισχύει:

α.  $E_{\text{AYT}} > 0$ , όταν  $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 0$ .

β.  $E_{\text{AYT}} > 0$ , όταν  $\frac{\Delta i}{\Delta t} > 0$ .

γ.  $E_{\text{AYT}} < 0$ , όταν  $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 0$ .

δ.  $E_{\text{AYT}} > 0$ , όταν  $\frac{\Delta i}{\Delta t} = 0$ .

3. Ο νόμος της αυτεπαγωγής είναι:

α.  $E_{\text{AYT}} = -M \frac{\Delta i}{\Delta t}$ .      β.  $E_{\text{AYT}} = -L \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ .

γ.  $E_{\text{AYT}} = -N \frac{\Delta i}{\Delta t}$ .      δ.  $E_{\text{AYT}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ .

4. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός κυλινδρικού πηνίου είναι:

α. Ανεξάρτητος του αριθμού των σπειρών του πηνίου.

β. Ανάλογος της ακτίνας των σπειρών.

γ. Ανεξάρτητος του μήκους του πηνίου.

δ. Ανάλογος του τετραγώνου της ακτίνας των σπειρών.

5. Η μονάδα μέτρησης του συντελεστή αυτεπαγωγής (H) είναι ίση με:

α.  $\frac{V \cdot s}{A}$ .      β.  $\frac{V \cdot A}{s}$ .

γ.  $\frac{V \cdot s^2}{A}$ .      δ.  $\frac{T \cdot m}{A}$ .

6. Η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή σε ένα κύκλωμα:

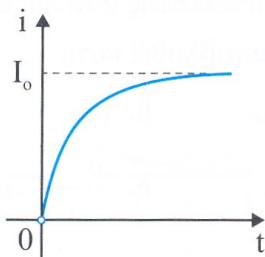
α. Είναι μέγιστη, όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι μηδενικός.

β. Είναι μέγιστη, όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι μέγιστος.

γ. Είναι μηδενική, όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι μέγιστος.

δ. Είναι μέγιστη, όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι ίσος με το μισό της μέγιστης τιμής του.

7. Σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , όταν κλείνει ο διακόπτης, η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο σε συνάρτηση με τον χρόνο απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



**α.** Όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος είναι μέγιστος, τότε είναι μέγιστη και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

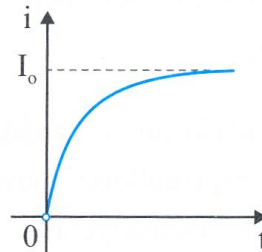
**β.** Όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος είναι μηδενικός, τότε είναι μέγιστη η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

**γ.** Όταν ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος είναι μηδενικός, τότε είναι μηδενική και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

**δ.** Το πηνίο βρίσκεται σε φάση στην οποία αποδίδει την ενέργειά του στο κύκλωμα.

8. Σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , όταν κλείνει ο διακόπτης, η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο σε συνάρτηση με τον

χρόνο απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



**α.** Με την πάροδο του χρόνου, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο αυξάνεται και η στιγμιαία ΗΕΔ από αυτεπαγωγή μειώνεται κατά απόλυτη τιμή.

**β.** Με την πάροδο του χρόνου, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο αυξάνεται και η στιγμιαία τάση από αυτεπαγωγή αυξάνεται κατά απόλυτη τιμή.

**γ.** Όταν η ένταση του ρεύματος γίνεται μέγιστη, τότε και η στιγμιαία ΗΕΔ από αυτεπαγωγή γίνεται μέγιστη.

**δ.** Όταν η ένταση του ρεύματος είναι μηδενική, τότε και η στιγμιαία τάση από αυτεπαγωγή είναι μηδενική.

9. Για τη στιγμιαία τιμή της τάσης από αυτεπαγωγή και για τη μέση τιμή της σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  κατά τη φόρτιση ενός πηνίου ισχύει ότι:

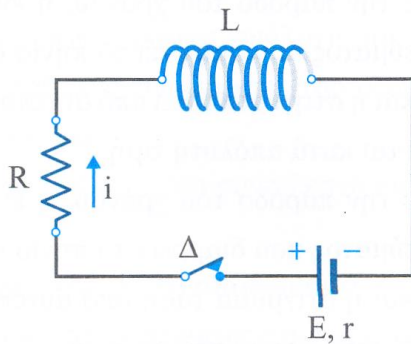
**α.** Η στιγμιαία τιμή της τάσης είναι κάθε χρονική στιγμή μικρότερη από τη μέση τιμή.

**β.** Η στιγμιαία τιμή της τάσης είναι κάθε χρονική στιγμή μεγαλύτερη από τη μέση τιμή.

**γ.** Η στιγμιαία τιμή της τάσης είναι κάθε χρονική στιγμή ίση με τη μέση τιμή.

**δ.** Η στιγμιαία τιμή της τάσης είναι σε κάποιες χρονικές στιγμές μικρότερη και σε κάποιες χρονικές στιγμές μεγαλύτερη από τη μέση τιμή.

**10.** Για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος που περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη Δ ισχύει ότι:



**α.** Ο αριστερός ακροδέκτης του πηνίου είναι αρνητικός και ο δεξιός ακροδέκτης είναι θετικός.

**β.** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα γίνεται ακαριαία μέγιστη.

**γ.** Όταν το πηνίο φορτιστεί πλήρως, τότε η τάση στα άκρα του γίνεται μηδενική.

**δ.** Η ενέργεια της πηγής μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε θερμική ενέργεια πάνω στους αντιστάτες του κυκλώματος.

**11.** Ένα πηνίο περιέχει πυρήνα υλικού μαγνητικής διαπερατότητας  $\mu$  και έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ . Εάν αφαιρέσουμε το υλικό από το εσωτερικό του, τότε ο συντελεστής αυτεπαγωγής  $L'$  του πηνίου θα γίνει ίσος με:

**α.**  $L' = L$ .                      **β.**  $L' = \mu^2 L$ .

**γ.**  $L' = \mu L$ .                      **δ.**  $L' = L/\mu$ .

**12.** Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου με αέρα στο εσωτερικό των σπειρών του είναι  $L$ . Εάν προσθέσουμε στον πυρήνα του υλικό μαγνητικής διαπερατότητας  $\mu$ , τότε ο συντελεστής αυτεπαγωγής  $L'$  του πηνίου θα μεταβληθεί κατά:

**α.**  $(\mu + 1)L$ .                      **β.**  $\mu L$ .

**γ.**  $(\mu - 1)L$ .                      **δ.**  $\frac{\mu - 1}{\mu} L$ .

**13.** Ένα πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ . Εάν κόψουμε το πηνίο στη μέση, χωρίς να μεταβάλλουμε το εμβαδόν διατομής των σπειρών του, τότε ο συντελεστής αυτεπαγωγής  $L'$  του μισού τμήματος του πηνίου θα είναι:

**α.**  $L' = L$ .                      **β.**  $L' = L/2$ .

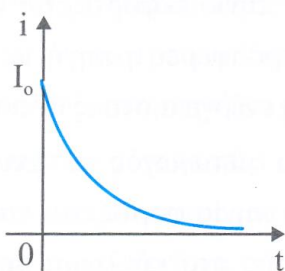
**γ.**  $L' = 2L$ .                      **δ.**  $L' = L/4$ .

**14.** Ένα πηνίο  $N$  σπειρών, μήκους  $\ell$ , εμβαδού διατομής  $A$  περιέχει υλικό μαγνητικής διαπερατότητας  $\mu$  και διαρρέεται από ρεύμα στιγμιαίας έντασης  $i$ . Αν η μαγνητική διαπερατότητα του κενού είναι  $\mu_0$ , τότε η ενέργεια  $U$  που έχει αποθηκεύσει το πηνίο στο μαγνητικό του πεδίο εκείνη τη χρονική στιγμή είναι:

**α.**  $U = \mu\mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} i^2$ .                      **β.**  $U = 2\mu\mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} i^2$ .

**γ.**  $U = \mu\mu_0 \frac{N^2 A}{2\ell} i^2$ .                      **δ.**  $U = \mu_0 \frac{N^2 A}{2\ell} i^2$ .

**15.** Σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο σε συνάρτηση με τον χρόνο απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



Με την πάροδο του χρόνου:

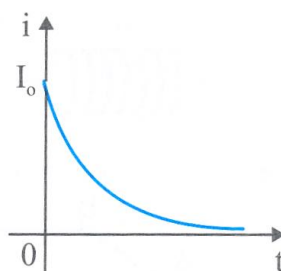
**α.** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ελαττώνεται και η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος στο πηνίο αυξάνεται.

**β.** Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ελαττώνεται και η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος στο πηνίο μειώνεται.

**γ.** Η αποθηκευμένη ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου αυξάνεται.

**δ.** Η αποθηκευμένη ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου παραμένει σταθερή.

**16.** Σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο σε συνάρτηση με τον χρόνο απεικονίζεται στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος.



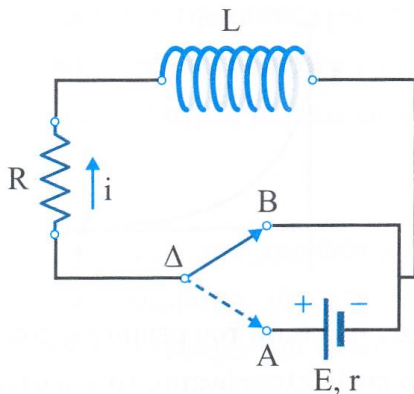
**α.** Όταν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ελαττώνεται, τότε η στιγμιαία τάση από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου παραμένει σταθερή.

**β.** Όταν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ελαττώνεται, τότε η στιγμιαία τάση από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου είναι μηδενική.

**γ.** Όταν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ελαττώνεται, τότε η στιγμιαία τάση από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου μειώνεται κατά απόλυτη τιμή.

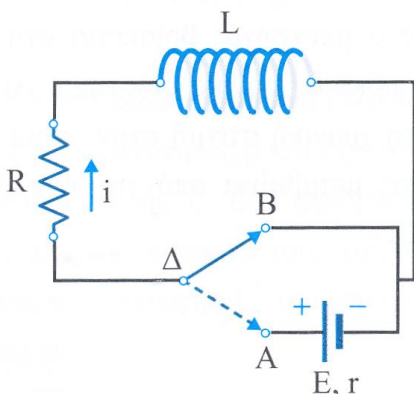
**δ.** Η στιγμιαία τάση από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου είναι ανεξάρτητη από τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

**17.** Στο κύκλωμα του επόμενου σχήματος που περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο, πηγή με εσωτερική αντίσταση  $r$  και αντίσταση  $R$ , αρχικά ο μεταγωγός βρίσκεται στη θέση  $A$  για αρκετό χρονικό διάστημα. Αμέσως μετά τη χρονική στιγμή στην οποία ο μεταγωγός μεταβαίνει από τη θέση  $A$  στη θέση  $B$ :



- α.** Ο αριστερός ακροδέκτης του πηνίου γίνεται αρνητικός, ο δεξιός ακροδέκτης γίνεται θετικός και το πηνίο φορτίζεται.
- β.** Ο αριστερός ακροδέκτης του πηνίου γίνεται αρνητικός, ο δεξιός ακροδέκτης γίνεται θετικός και το πηνίο εκφορτίζεται.
- γ.** Ο αριστερός ακροδέκτης του πηνίου γίνεται θετικός, ο δεξιός ακροδέκτης γίνεται αρνητικός και το πηνίο φορτίζεται.
- δ.** Ο αριστερός ακροδέκτης του πηνίου γίνεται θετικός, ο δεξιός ακροδέκτης γίνεται αρνητικός και το πηνίο εκφορτίζεται.

**18.** Το κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο, πηγή με εσωτερική αντίσταση  $r$ , ωμική αντίσταση  $R$  και μεταγωγό που μπορεί να βρίσκεται στη θέση A ή στη θέση B.



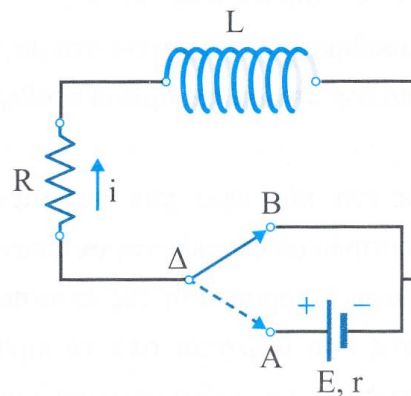
**α.** Όταν ο μεταγωγός μετακινείται στη θέση A, το πηνίο φορτίζεται και η ενέργεια που προσφέρει η πηγή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στους αντιστάτες και σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου στο πηνίο.

**β.** Όταν ο μεταγωγός μετακινείται στη θέση A, το πηνίο εκφορτίζεται και η ενέργεια που προσφέρει η πηγή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στους αντιστάτες.

**γ.** Όταν ο μεταγωγός μετακινείται στη θέση B, το πηνίο φορτίζεται και η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα μειώνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο.

**δ.** Όταν ο μεταγωγός μετακινείται στη θέση B, το πηνίο εκφορτίζεται και η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα αυξάνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο.

**19.** Το κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο, πηγή με εσωτερική αντίσταση  $r$ , ωμική αντίσταση  $R$  και μεταγωγό που μπορεί να βρίσκεται στη θέση A ή στη θέση B.



Όταν ο μεταγωγός βρίσκεται για μεγάλο χρονικό διάστημα:

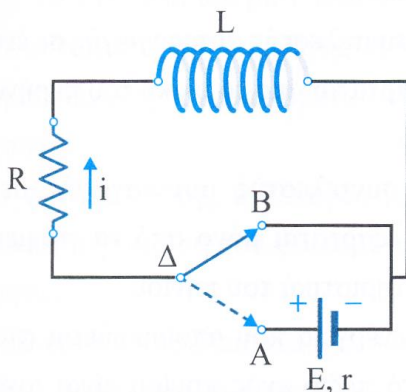
α. Στη θέση Α και μετακινηθεί στη θέση Β, τότε η ενέργεια που είχε αποθηκεύσει το πηνίο γίνεται τελικά θερμική ενέργεια πάνω στην αντίσταση R.

β. Στη θέση Α, τότε η ενέργεια του πηνίου συνεχώς αυξάνεται.

γ. Στη θέση Β και μετακινηθεί στη θέση Α, τότε το πηνίο «δίνει» ρεύμα ίδιας φοράς με το ρεύμα που «δίνει» η πηγή στο κύκλωμα.

δ. Στη θέση Α και μετακινηθεί στη θέση Β, τότε το πηνίο «δίνει» επαγωγικό ρεύμα στο κύκλωμα με συμβατική φορά αντίρροπη της φοράς του ρεύματος πριν από τη μετακίνηση του μεταγωγού.

20. Το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο, πηγή με εσωτερική αντίσταση  $r$ , ωμική αντίσταση R και μεταγωγό που μπορεί να βρίσκεται στη θέση Α ή στη θέση Β.



Όταν ο μεταγωγός μεταβεί:

α. Από τη θέση Α στη θέση Β, τότε η πολικότητα στα άκρα του πηνίου δεν αλλάζει.

β. Από τη θέση Α στη θέση Β, τότε η πολικότητα στα άκρα του πηνίου αντιστρέφεται.

γ. Από τη θέση Α στη θέση Β, τότε η φορά του ρεύματος στο κύκλωμα αντιστρέφεται.

δ. Από τη θέση Α στη θέση Β, τότε η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα αρχίζει να αυξάνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο.

21. Κύκλωμα περιλαμβάνει διακόπτη, ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L, ωμικό αντιστάτη R συνδεδεμένο σε σειρά με το πηνίο και ιδανική πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη E συνδεδεμένη στα άκρα του συστήματος πηνίο – αντιστάτης. Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός. Εάν τη χρονική στιγμή στιγμή  $t = 0$  κλείσουμε τον διακόπτη, τότε ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος  $\frac{di}{dt}$  στο κύκλωμα αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη θα είναι:

α.  $\frac{di}{dt} = 0.$                       β.  $\frac{di}{dt} = \frac{E}{L}.$

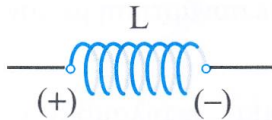
γ.  $\frac{di}{dt} = \frac{E}{R}.$                       δ.  $\frac{di}{dt} = \frac{L}{R}.$

22. Όταν ένα ιδανικό πηνίο N σπειρών έχει φορτιστεί από ρεύμα έντασης I, τότε η μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του είναι Φ. Η ενέργεια που έχει αποθηκεύσει το πηνίο στο μαγνητικό του πεδίο είναι:

α.  $U = \frac{\Phi N}{I}.$                       β.  $U = \frac{\Phi N I}{2}.$

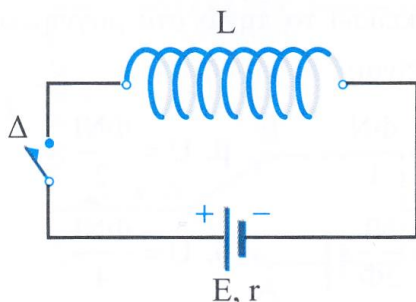
γ.  $U = \frac{N I}{2\Phi}.$                       δ.  $U = \frac{\Phi N I}{4}.$

23. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένα ιδανικό πηνίο και στους ακροδέκτες του είναι σημειωμένη η πολικότητά του σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.



- α. Το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο είναι χρονικά σταθερό.
- β. Το ρεύμα διαρρέει το πηνίο από αριστερά προς τα δεξιά και η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο αυξάνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- γ. Το ρεύμα διαρρέει το πηνίο από αριστερά προς τα δεξιά και η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο μειώνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- δ. Το ρεύμα διαρρέει το πηνίο από δεξιά προς τα αριστερά και η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το πηνίο αυξάνεται σε συνάρτηση με τον χρόνο.

24. Κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , ανοικτό διακόπτη  $\Delta$  και πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$  και εσωτερικής αντίστασης  $r$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Μια χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι  $i$  και η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του είναι  $E_{\text{ΑΥΤ}}$  το πηνίο αρχίζει να αποθηκεύει ενέργεια στο μαγνητικό του πεδίο με ρυθμό:

- α.  $|E_{\text{ΑΥΤ}}|i$ .
- β.  $Ei$ .
- γ.  $|E - E_{\text{ΑΥΤ}}|i$ .
- δ.  $i^2r$ .

**B. Θέματα του τύπου Σωστό / Λάθος**

Να χαρακτηρίσετε κάθε πρόταση από τα θέματα 25 – 28 με το γράμμα **Σ**, αν είναι σωστή, ή με το γράμμα **Λ**, αν είναι λανθασμένη.

- 25. α. Στο φαινόμενο της αυτεπαγωγής το πηνίο αποθηκεύει ενέργεια στο ηλεκτρικό του πεδίο.
- β. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής σε ένα πηνίο εξαρτάται από το υλικό του πυρήνα του πηνίου.
- γ. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής σε ένα πηνίο εξαρτάται μόνο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πηνίου.
- δ. Η ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο ενός πηνίου είναι ανάλογη του τετραγώνου της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει.
- ε. Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε ένα πηνίο δεν εξαρτάται από τον συντελεστή αυτεπαγωγής του.

**26.** Για τον συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  ισχύει ότι:

**α.** Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου εξαρτάται από τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα.

**β.** Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου είναι ανάλογος του εμβαδού των σπειρών του.

**γ.** Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου που περιέχει πυρήνα υλικού μαγνητικής διαπερατότητας  $\mu$  είναι ανάλογος του  $\mu$ .

**δ.** Εάν κόψουμε ένα πηνίο σε δύο άνισα κομμάτια, τα δύο πηνία που προκύπτουν έχουν διαφορετικό συντελεστή αυτεπαγωγής μεταξύ τους.

**ε.** Εάν συνδέσουμε σε σειρά δύο πηνία με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1$  και  $L_2$ , τότε ο ισοδύναμος συντελεστής αυτεπαγωγής και των δύο πηνίων είναι  $L_1 + L_2$ .

**27. α.** Το  $1 \text{ H}$  είναι ίσο με  $1 \text{ Wb/A}$ .

**β.** Το φαινόμενο της επαγωγής είναι μία ειδική περίπτωση του φαινομένου της αυτεπαγωγής.

**γ.** Το φαινόμενο της αυτεπαγωγής είναι μία ειδική περίπτωση του φαινομένου της επαγωγής.

**δ.** Η τελική τιμή που αποκτά η ένταση του ρεύματος σε ένα κύκλωμα με ιδανικό πηνίο που φορτίζεται εξαρτάται από τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.

**ε.** Το φαινόμενο της αυτεπαγωγής για τον Ηλεκτρισμό είναι αντίστοιχο με το φαινόμενο της αδράνειας στη Μηχανική.

**28. α.** Τον ρόλο που έχει η μάζα στη Μηχανική έχει ο συντελεστής αυτεπαγωγής  $L$  στον Ηλεκτρισμό.

**β.** Κατά τη διάρκεια του φαινομένου της αυτεπαγωγής, η μαγνητική ροή που διέρχεται από τις σπείρες του πηνίου διατηρείται σταθερή.

**γ.** Όταν αλλάζει η μαγνητική ροή που διέρχεται από τις σπείρες του πηνίου, τότε εμφανίζεται στα άκρα του ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή.

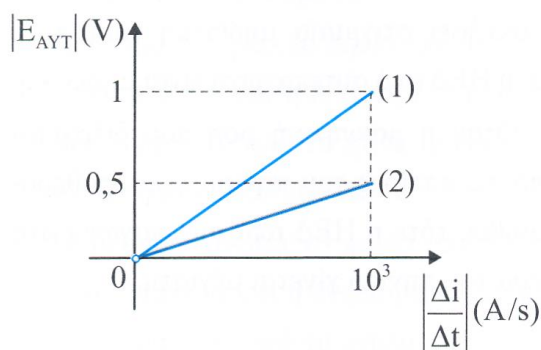
**δ.** Στη διάρκεια του φαινομένου της αυτεπαγωγής, εάν η μαγνητική ροή στο πηνίο αποκτήσει στιγμιαία μηδενική τιμή, τότε και η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή είναι μηδενική.

**ε.** Όταν η μαγνητική ροή που διέρχεται από τις σπείρες του πηνίου έχει σταθεροποιηθεί, τότε η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου γίνεται μέγιστη.

**Γ.** Θέματα πολλαπλής επιλογής με αιτιολόγηση

Στα θέματα 29 - 46 να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

**29.** Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζεται η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή σε συνάρτηση με τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος για δύο διαφορετικά ιδανικά πηνία (1) και (2) με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1$  και  $L_2$  αντίστοιχα.



Ο λόγος των συντελεστών αυτεπαγωγής  $\frac{L_1}{L_2}$  είναι:

**α.**  $\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{2}$ .    **β.**  $\frac{L_1}{L_2} = 1$ .    **γ.**  $\frac{L_1}{L_2} = 2$ .

**30.** Κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , διακόπτη και αντιστάτη με ωμική αντίσταση  $R$ , ο οποίος συνδέεται σε σειρά με το πηνίο. Στα άκρα του συστήματος πηνίο – αντιστάτης – διακόπτης συνδέεται ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E$  και διακόπτη. Αρχικά ο διακόπτης

είναι ανοικτός. Κλείνοντας τον διακόπτη το πηνίο αρχίζει να φορτίζεται και κάποια χρονική στιγμή η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα σταθεροποιείται. Η μέση ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου σε όλη τη διαδικασία φόρτισής του είναι ίση με το μισό της μέγιστης τιμής της, δηλαδή  $|\bar{E}_{AYT}| = \frac{E_{AYT,max}}{2}$ . Ο μέσος ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος  $\frac{\Delta i}{\Delta t}$  που διαρρέει το πηνίο σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου είναι:

**α.**  $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{L}$ .    **β.**  $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{2L}$ .    **γ.**  $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{2E}{L}$ .

**31.** Δύο ιδανικά πηνία (1) και (2) με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1 = L$  και  $L_2 = 2L$  έχουν φορτιστεί από ρεύματα μέγιστης έντασης  $I$  και  $2I$  αντίστοιχα. Οι μέγιστες τιμές  $U_1$ ,  $U_2$  της αποθηκευμένης ενέργειας στα πηνία (1), (2) αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση:

**α.**  $U_2 = U_1$ .    **β.**  $U_2 = 8U_1$ .    **γ.**  $U_2 = 4U_1$ .

**32.** Οι συντελεστές αυτεπαγωγής δύο ιδανικών πηνίων (1), (2) χωρίς πυρήνα υλικού στο εσωτερικό τους είναι  $L_1$  και  $L_2$  αντίστοιχα. Το πηνίο (1) έχει  $N$  σπείρες, εμβαδόν διατομής  $A$  και μήκος  $\ell$ . Το πηνίο (2) έχει  $2N$  σπείρες, εμβαδόν διατομής  $2A$  και μήκος  $2\ell$ . Ο λόγος των δύο συντελεστών αυτεπαγωγής των πηνίων (1), (2) είναι:

**α.**  $\frac{L_1}{L_2} = 2$ .    **β.**  $\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{4}$ .    **γ.**  $\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{8}$ .

**33.** Οι συντελεστές αυτεπαγωγής δύο κυλινδρικών ιδανικών πηνίων (1), (2) χωρίς πυρήνα υλικού στο εσωτερικό τους είναι ίσοι. Οι διατομές των σπειρών των δύο πηνίων έχουν ίσες ακτίνες. Εάν το πηνίο (1) έχει  $N_1$  σπείρες και μήκος  $\ell_1$  και το πηνίο (2) έχει  $N_2$  σπείρες και μήκος  $\ell_2$ , τότε ισχύει:

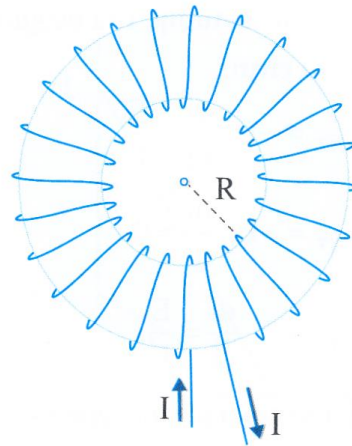
**α.**  $\frac{N_1}{N_2} = 1.$       **β.**  $\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{\ell_1}{\ell_2}}.$

**γ.**  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2}.$

**34.** Με ένα κομμάτι σύρμα κατασκευάζουμε κυλινδρικό πηνίο  $N$  σπειρών με μήκος  $\ell$  και συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ . Ξετυλίγουμε το σύρμα και στη συνέχεια κατασκευάζουμε δεύτερο κυλινδρικό πηνίο  $N'$  ( $N' \neq N$ ) σπειρών με μήκος  $\ell'$  και συντελεστή αυτεπαγωγής  $L'$ . Οι σπείρες κάθε πηνίου εφάπτονται μη αγώγιμα μεταξύ τους. Ο λόγος των συντελεστών αυτεπαγωγής των δύο πηνίων είναι:

**α.**  $\frac{L}{L'} = 1.$       **β.**  $\frac{L}{L'} = \frac{N}{N'}.$       **γ.**  $\frac{L}{L'} = \frac{N'}{N}.$

**35.** Διαθέτουμε ένα δακτυλιοειδές πηνίο εσωτερικής ακτίνας  $R$ ,  $N$  σπειρών, με την καθεμία σπείρα να έχει εμβαδόν  $A$ . Το πηνίο περιέχει πυρήνα υλικού με μαγνητική διαπερατότητα  $\mu$  και η διάμετρος των σπειρών του θεωρείται αμελητέα σε σχέση με την εσωτερική ακτίνα  $R$ .



Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του δακτυλιοειδούς πηνίου είναι:

**α.**  $L = \mu\mu_0 \frac{N^2 A}{\pi R}.$       **β.**  $L = 2\mu\mu_0 \frac{N^2 A}{\pi R}.$

**γ.**  $L = \mu\mu_0 \frac{N^2 A}{2\pi R}.$

**36.** Ιδανικό πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ ,  $N$  σπείρες και διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ . Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τις σπείρες του πηνίου είναι:

**α.**  $\Phi = \frac{NI}{L}.$       **β.**  $\Phi = \frac{I}{NL}.$       **γ.**  $\Phi = \frac{LI}{N}.$

**37.** Σε ένα κύκλωμα μια ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $\mathcal{E}$ , ένας ωμικός αντιστάτης με αντίσταση  $R$ , ένα ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  και ένας διακόπτης συνδέονται σε σειρά. Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός.

**A.** Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη. Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη, η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή  $\mathcal{E}_{\text{ΑΥΤ}}$  στα άκρα του πηνίου και ο ρυθμός με-

ταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι:

α.  $E_{\text{AYT}} = -E, \frac{di}{dt} = \frac{E}{L}.$

β.  $E_{\text{AYT}} = -E, \frac{di}{dt} = 0.$

γ.  $E_{\text{AYT}} = 0, \frac{di}{dt} = \frac{E}{L}.$

**B.** Μετά από πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου και ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι:

α.  $E_{\text{AYT}} = E, \frac{di}{dt} = \frac{E}{L}.$

β.  $E_{\text{AYT}} = 0, \frac{di}{dt} = 0.$

γ.  $E_{\text{AYT}} = 0, \frac{di}{dt} = \frac{E}{L}.$

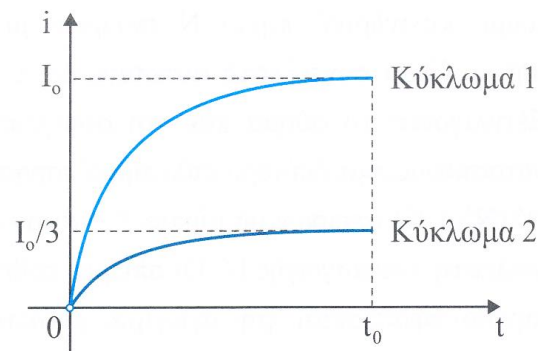
**38.** Κύκλωμα περιέχει διακόπτη, ιδανική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$ , ωμικό αντιστάτη  $R$  και ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , με  $N$  σπείρες και μήκος  $\ell$ . Το πηνίο και ο αντιστάτης συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά και στα άκρα τους συνδέεται η πηγή. Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη. Τη χρονική στιγμή  $t_1 > 0$  η ένταση  $i$  του ρεύματος στο κύκλωμα είναι  $i = (1/3)I_0$ , όπου  $I_0$  η μέγιστη τιμή που αποκτά τελικά. Τη χρονική στιγμή  $t_1$  ο ρυθμός μεταβολής  $\frac{dB}{dt}$  της έντασης του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι:

α.  $\frac{dB}{dt} = \frac{1}{3} \frac{\mu_0 NE}{\ell L}.$

β.  $\frac{dB}{dt} = \frac{2}{3} \frac{\mu_0 NE}{\ell L}.$

γ.  $\frac{dB}{dt} = \frac{2}{5} \frac{\mu_0 NE}{\ell L}.$

**39.** Το κοινό διάγραμμα έντασης ρεύματος – χρόνου για δύο διαφορετικά κυκλώματα (1) και (2) που περιέχουν ιδανικές πηγές, ωμικούς αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1, R_2$  αντίστοιχα και ιδανικά πηνία απεικονίζεται στο σχήμα. Τα πηνία στα δύο κυκλώματα βρίσκονται σε φάση φόρτισης από τις αντίστοιχες πηγές.



**A.** Εάν τα δύο κυκλώματα έχουν ίδιες πηγές και διαφορετικούς αντιστάτες  $R_1$  και  $R_2$ , τότε για τους αντιστάτες ισχύει:

α.  $R_2 = 3R_1.$       β.  $R_2 = R_1.$

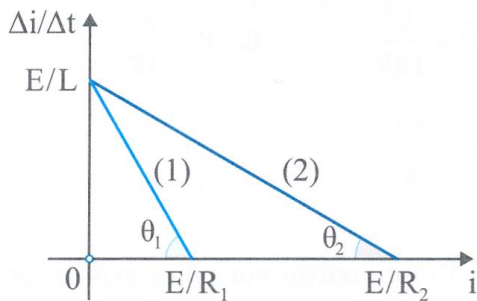
γ.  $R_2 = R_1/3.$

**B.** Εάν τα δύο κυκλώματα έχουν ίδιους αντιστάτες και διαφορετικές πηγές  $E_1$  και  $E_2$  αντίστοιχα, τότε για τις πηγές ισχύει:

α.  $E_1 = E_2.$       β.  $E_1 = 3E_2.$

γ.  $E_1 = E_2/3.$

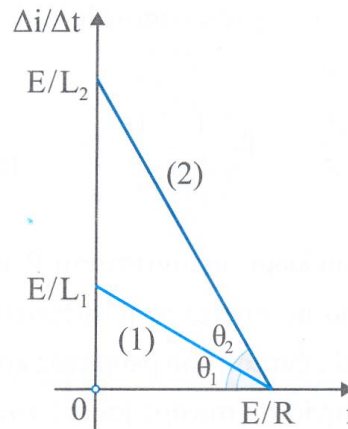
**40.** Το κοινό διάγραμμα των ρυθμών μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει δύο διαφορετικά κυκλώματα (1) και (2) απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Κάθε κύκλωμα αποτελείται από ιδανική πηγή, ωμικό αντιστάτη, ιδανικό πηνίο και διακόπτη. Αρχικά ο διακόπτης σε κάθε κύκλωμα είναι ανοικτός και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  τον κλείνουμε.



Τα κυκλώματα (1) και (2) έχουν ίδιες πηγές και πηνία με ίσους συντελεστές αυτεπαγωγής. Αν  $\theta_1 = 60^\circ$  και  $\theta_2 = 30^\circ$ , τότε η σχέση που συνδέει τους αντιστάτες  $R_1, R_2$  των κυκλωμάτων (1), (2) αντίστοιχα είναι:

**α.**  $R_1 = R_2$ .    **β.**  $R_1 = 3R_2$ .    **γ.**  $R_1 = R_2/3$ .

**41.** Το κοινό διάγραμμα των ρυθμών μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει δύο διαφορετικά κυκλώματα (1) και (2) απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Κάθε κύκλωμα αποτελείται από ιδανική πηγή, ωμικό αντιστάτη, ιδανικό πηνίο και διακόπτη. Αρχικά ο διακόπτης σε κάθε κύκλωμα είναι ανοικτός και τη χρονική στιγμή  $t = 0$  τον κλείνουμε.



Τα κυκλώματα (1) και (2) έχουν ίδιες πηγές, όμοιους αντιστάτες και τα πηνία τους έχουν συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1$  και  $L_2$  αντίστοιχα. Εάν  $\theta_1 = 30^\circ$  και  $\theta_2 = 60^\circ$ , τότε η σχέση που συνδέει τους συντελεστές αυτεπαγωγής των πηνίων των δύο κυκλωμάτων είναι:

**α.**  $L_1 = L_2$ .    **β.**  $L_1 = 3L_2$ .    **γ.**  $L_1 = L_2/3$ .

**42.** Κύκλωμα περιλαμβάνει ανοικτό διακόπτη, ιδανική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$ , ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  και αντιστάτη με ωμική αντίσταση  $R$ . Το πηνίο και ο αντιστάτης συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους και στα άκρα του συστήματος πηγή – αντιστάτης συνδέεται η πηγή. Κλείνουμε τον διακόπτη και το πηνίο αρχίζει να αποθηκεύει ενέργεια στο μαγνητικό του πεδίο. Τη χρονική στιγμή στην οποία το πηνίο έχει αποθηκεύσει ενέργεια  $U$  στο μαγνητικό του πεδίο, ο ρυθμός παραγωγής θερμικής ενέργειας από τους αντιστάτες του κυκλώματος είναι  $P$ . Ο λόγος του συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$

προς την ωμική αντίσταση  $R$  του κυκλώματος είναι:

$$\alpha. \frac{L}{R} = \frac{2U}{P} \quad \beta. \frac{L}{R} = \frac{U}{P} \quad \gamma. \frac{L}{R} = \frac{U}{2P}$$

**43.** Σε κύκλωμα με αντίσταση  $R$  και ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  η στιγμιαία ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο σε συνάρτηση με τον χρόνο δίνεται από τη σχέση:

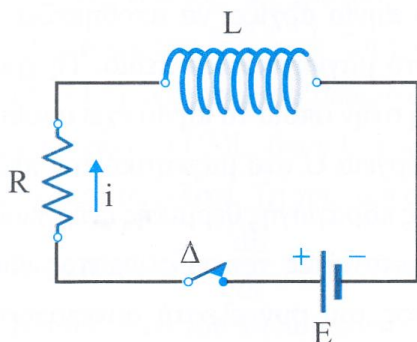
$$i = I_0(1 - e^{-Rt/L}),$$

όπου  $I_0$  είναι η μέγιστη και σταθερή τιμή του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα τη στιγμή στην οποία το πηνίο έχει φορτιστεί πλήρως. Εάν τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα, τότε η ένταση του ρεύματος γίνεται ίση με  $i = I_0/2$  τη χρονική στιγμή:

$$\alpha. t = \frac{L}{R} \quad \beta. t = \frac{2L}{R} \ln 2.$$

$$\gamma. t = \frac{L}{R} \ln 2.$$

**44.** Το ακόλουθο κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , ωμική αντίσταση  $R$ , ιδανική πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  και διακόπτη  $\Delta$ .



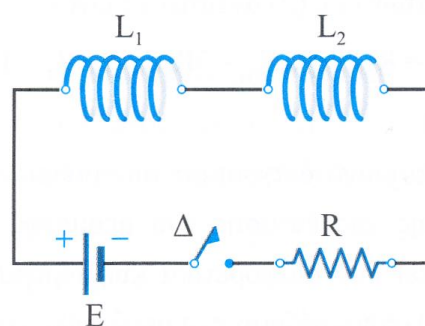
Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη και διαπιστώνουμε ότι σε χρονικό διάστημα ίσο με  $\Delta t = 5L/R$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα αποκτά τη μέγιστη και σταθερή τιμή της.

Ο μέσος ρυθμός αποθήκευσης ενέργειας στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου στο παραπάνω χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι:

$$\alpha. \bar{P} = \frac{E^2}{10R} \quad \beta. \bar{P} = \frac{E^2}{5R}$$

$$\gamma. \bar{P} = \frac{E^2}{R}$$

**45.** Το παρακάτω κύκλωμα περιλαμβάνει δύο ιδανικά πηνία (1), (2) με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1$  και  $L_2 \neq L_1$  αντίστοιχα, ωμική αντίσταση  $R$ , ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E$  και διακόπτη  $\Delta$ . Αρχικά ο διακόπτης στο κύκλωμα είναι ανοικτός.



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη  $\Delta$  στο κύκλωμα.

**A.** Κάθε χρονική στιγμή μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα οι ΗΕΔ από αυτεπαγωγή

$E_{\text{AYT}(1)}$ ,  $E_{\text{AYT}(2)}$  στα πηνία (1), (2) αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση:

**α.**  $E_{\text{AYT}(1)} = E_{\text{AYT}(2)}$ .

**β.**  $E_{\text{AYT}(1)} = \frac{L_1}{L_2} E_{\text{AYT}(2)}$ .

**γ.**  $E_{\text{AYT}(1)} = \frac{L_2}{L_1} E_{\text{AYT}(2)}$ .

**Β.** Ο ισοδύναμος συντελεστής αυτεπαγωγής  $L_{\text{ολ}}$  του συστήματος των δύο πηνίων είναι:

**α.**  $L_{\text{ολ}} = L_1 + L_2$ .

**β.**  $L_{\text{ολ}} = \sqrt{L_1 L_2}$ .

**γ.**  $L_{\text{ολ}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ .

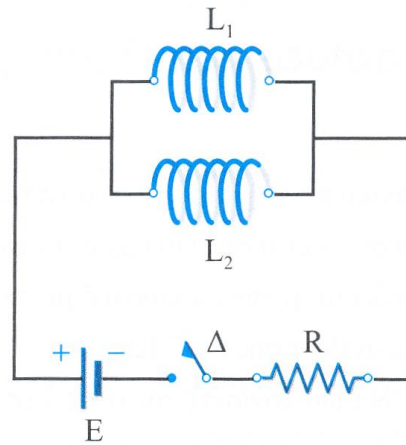
**Γ.** Όταν τα δύο πηνία φορτιστούν πλήρως, τότε ο λόγος των (μέγιστων) ενεργειών που έχουν αποθηκεύσει είναι:

**α.**  $\frac{U_{\text{max}(1)}}{U_{\text{max}(2)}} = \frac{L_1}{L_2}$ .

**β.**  $\frac{U_{\text{max}(1)}}{U_{\text{max}(2)}} = \frac{L_2}{L_1}$ .

**γ.**  $\frac{U_{\text{max}(1)}}{U_{\text{max}(2)}} = 1$ .

**46.** Το παρακάτω κύκλωμα περιλαμβάνει δύο ιδανικά πηνία (1), (2) με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1$  και  $L_2 \neq L_1$  αντίστοιχα, ωμική αντίσταση  $R$ , ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E$  και διακόπτη  $\Delta$ . Αρχικά ο διακόπτης στο κύκλωμα είναι ανοικτός.



Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη  $\Delta$  στο κύκλωμα.

**Α.** Όταν τα δύο πηνία φορτιστούν πλήρως, τότε ο λόγος των μέγιστων ενεργειών που έχουν αποθηκεύσει είναι:

**α.**  $\frac{U_{\text{max}(1)}}{U_{\text{max}(2)}} = \frac{L_1}{L_2}$ .

**β.**  $\frac{U_{\text{max}(1)}}{U_{\text{max}(2)}} = \frac{L_2}{L_1}$ .

**γ.**  $\frac{U_{\text{max}(1)}}{U_{\text{max}(2)}} = 1$ .

**Β.** Ο ισοδύναμος συντελεστής αυτεπαγωγής  $L_{\text{ολ}}$  του συστήματος των δύο πηνίων είναι:

**α.**  $L_{\text{ολ}} = L_1 + L_2$ .

**β.**  $L_{\text{ολ}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ .

**γ.**  $L_{\text{ολ}} = \sqrt{L_1 L_2}$ .

## Ασκήσεις προς λύση

47. Ιδανικό πηνίο μήκους  $\ell = 0,1\pi$  m,  $N = 200$  σπειρών με εμβαδόν  $A = 5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup> η καθεμία συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη αντίστασης  $R = 8 \Omega$ . Το δίπολο που σχηματίζεται συνδέεται μέσω διακόπτη  $\delta$  με πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E = 40$  V και εσωτερικής αντίστασης  $r = 2 \Omega$ .

α. Να υπολογίσετε τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.

Κλείνουμε τον διακόπτη  $\delta$  και μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σταθεροποιείται. Στη συνέχεια, ανοίγουμε τον διακόπτη  $\delta$ .

β. Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται στους αντιστάτες του κυκλώματος στο χρονικό διάστημα μέχρι τον μηδενισμό της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  T · m/A.

48. Τα άκρα ιδανικού πηνίου με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,8$  H συνδέονται με ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E = 10$  V τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ . Το πηνίο αρχίζει να αποθηκεύει ενέργεια στο μαγνητικό του πεδίο.

α. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

β. Να παραστήσετε σε σύστημα βαθμολογημένων αξόνων την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα από τη χρονική στιγμή  $t_0$  έως τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2$  s.

49. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ιδανικό πηνίο 200 σπειρών μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό  $\frac{di}{dt} = 0,4$  A/s. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι  $L = 2$  H.

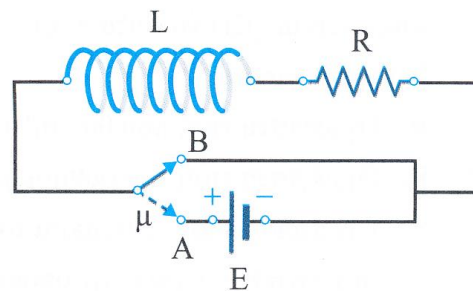
Να υπολογίσετε:

α. Τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου.

β. Την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο.

50. Η χρονική εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει ιδανικό πηνίο δίνεται από τη σχέση:  $i = 0,2t$  (S.I.). Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι  $L = 0,5$  H. Για τη χρονική στιγμή  $t_1 = 5$  s, να υπολογίσετε:
- Την ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.
  - Τον ρυθμό αποθήκευσης ενέργειας στο πηνίο.
51. Ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,1$  H συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη αντίστασης  $R = 10$  Ω. Το δίπολο που σχηματίζεται συνδέεται μέσω διακόπτη με ιδανική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E = 20$  V. Κλείνουμε τον διακόπτη και το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Να υπολογίσετε:
- Την ενέργεια που θα αποθηκευτεί στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το κλείσιμο του διακόπτη.
  - Τον μέγιστο ρυθμό μεταβολής της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο μετά το κλείσιμο του διακόπτη.
52. Ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,1$  H συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη αντίστασης  $R = 20$  Ω. Το δίπολο που σχηματίζεται συνδέεται μέσω διακόπτη με ιδανική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E = 40$  V. Κλείνοντας τον διακόπτη το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Να υπολογίσετε:
- Τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος τη χρονική στιγμή στην οποία η τάση στα άκρα του αντιστάτη είναι ίση με την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο.
  - Τον ρυθμό αποθήκευσης ενέργειας στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το κλείσιμο του διακόπτη.

53. Το κύκλωμα του διπλανού σχήματος περιλαμβάνει ωμικό αντιστάτη με αντίσταση  $R = 10$  Ω, ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E = 50$  V, ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2$  H και μεταγωγό  $\mu$ . Αρχικά ο μεταγωγός βρίσκεται στη θέση Α για μεγάλο χρονικό διάστημα και το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$ .



- α.** Να υπολογίσετε την αποθηκευμένη ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου. Μετακινούμε τον μεταγωγό  $\mu$  στη θέση Β.
- β.** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της αποθηκευμένης ενέργειας (κατά απόλυτη τιμή) στο πηνίο τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με  $i = I/4$ .

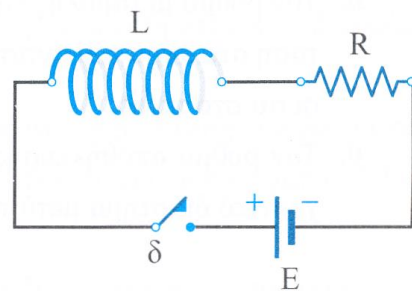
**54.** Ιδανικό πηνίο με πυρήνα από σίδηρο στο εσωτερικό του, συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 3 \text{ H}$  και αντιστάτη αντίστασης  $R = 5 \text{ }\Omega$  συνδέεται σε σειρά με πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E = 12 \text{ V}$  και εσωτερικής αντίστασης  $r = 1 \text{ }\Omega$  τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ . Παρατηρείται ότι η ένταση του ρεύματος αυξάνεται στο 0,75 της μέγιστης τιμής που αποκτά τελικά τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,6 \text{ s}$ .

- α.** Να υπολογίσετε τη μέση ΗΕΔ από αυτεπαγωγή (κατά απόλυτη τιμή) που αναπτύσσεται στο πηνίο, στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = t_1 - t_0$ .

Το πείραμα επαναλαμβάνεται, αφού αφαιρεθεί ο σιδερένιος πυρήνας. Τώρα το χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε η ένταση του ρεύματος να γίνει ίση με το 0,75 της μέγιστης τιμής της είναι  $\Delta t' = 3 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  και η μέση ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο σε αυτό το χρονικό διάστημα είναι  $E'_{\text{ΑΥΤ}} = 7,5 \text{ V}$ .

- β.** Να υπολογίσετε τη σχετική μαγνητική διαπερατότητα του σιδήρου.

**55.** Κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E = 120 \text{ V}$ , ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2 \text{ H}$ , αντιστάτη με αντίσταση  $R = 12 \text{ }\Omega$  και ανοικτό διακόπτη  $\delta$ , όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα. Κλείνοντας τον διακόπτη  $\delta$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα αρχίζει να αυξάνεται.



Να υπολογίσετε:

- α.** Τη μέγιστη τιμή που θα λάβει η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.
- β.** Τη μέγιστη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος.
- γ.** Την πτώση τάσης στα άκρα του αντιστάτη και την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος είναι  $i = 4 \text{ A}$ .
- δ.** Τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα, όταν ο ρυθμός διέλευσης φορτίου από μια διατομή του κυκλώματος είναι ίσος με  $3 \text{ C/s}$ .

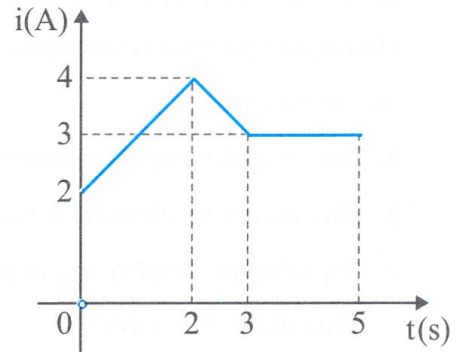
**56.** Σε κύκλωμα που περιλαμβάνει ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E = 40 \text{ V}$ , ανοικτό διακόπτη και αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R$ , ο οποίος συνδέεται σε σειρά με ιδανικό πηνίο, ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι  $100 \text{ A/s}$  τη χρονική στιγμή στην οποία κλείνει ο διακόπτης. Όταν η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα έχει σταθεροποιηθεί, η θερμική ισχύς στον αντιστάτη  $R$  είναι  $P = 40 \text{ W}$ .

Να υπολογίσετε:

- α.** Τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.
- β.** Την ωμική αντίσταση  $R$  του αντιστάτη.
- γ.** Τη μέγιστη ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα και τη μέγιστη ενέργεια που αποθηκεύεται στο πηνίο.
- δ.** Την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα, όταν η ενέργεια του πηνίου είναι ίση με το 36% της μέγιστης δυναμικής ενέργειας που αποθηκεύει στο μαγνητικό του πεδίο.

## Προβλήματα προς λύση

57. Ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2 \text{ H}$  διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση  $i$  του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο όπως απεικονίζεται στο διπλανό διάγραμμα.



- α. Να υπολογίσετε τους ρυθμούς μεταβολής της έντασης του ρεύματος στα χρονικά διαστήματα από 0 έως 2 s, από 2 s έως 3 s, από 3 s έως 5 s.
- β. Να υπολογίσετε την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα χρονικά διαστήματα από 0 έως 2 s, από 2 s έως 3 s, από 3 s έως 5 s.
- γ. Να υπολογίσετε τη στιγμιαία ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο τις χρονικές στιγμές  $t_1 = 1 \text{ s}$ ,  $t_2 = 2,5 \text{ s}$ ,  $t_3 = 3,5 \text{ s}$ .
- δ. Να υπολογίσετε την ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο πηνίο τη χρονική στιγμή  $t = 2 \text{ s}$ .
- ε. Να σχεδιάσετε σε σύστημα βαθμολογημένων αξόνων τη μέση ΗΕΔ από αυτεπαγωγή σε συνάρτηση με τον χρόνο στο χρονικό διάστημα από 0 έως 5 s.

58. Η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα ενός ιδανικού πηνίου 100 σπειρών είναι σταθερή και ίση με  $|E_{\text{ΑΥΤ}}| = 0,03 \text{ V}$ , όταν η ένταση του ρεύματος που το διαρρέει μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό  $\frac{\Delta i}{\Delta t} = 0,3 \text{ A/s}$ . Θεωρώντας ότι τη χρονική στιγμή  $t = 0$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι μηδενική, να υπολογίσετε:

- α. Τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.
- β. Τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου μια χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι 2 A.
- γ. Τη μεταβολή της ενέργειας που αποθηκεύεται στο πηνίο στο τρίτο (3ο) δευτερόλεπτο της φόρτισής του.
- δ. Τον ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύεται ενέργεια στο πηνίο τη χρονική στιγμή  $t = 10 \text{ s}$ .

**59.** Ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,2 \text{ H}$  συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη αντίστασης  $R = 20 \text{ } \Omega$ . Στα άκρα του διπόλου πηνίο – αντιστάτης συνδέεται μέσω διακόπτη ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E = 40 \text{ V}$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη, με αποτέλεσμα το κύκλωμα να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση του ρεύματος σε συνάρτηση με τον χρόνο δίνεται από την εξίσωση:

$$i = I_0 \left( 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$$

όπου  $I_0$  είναι η μέγιστη τιμή που αποκτά η ένταση του ρεύματος. Να υπολογίσετε:

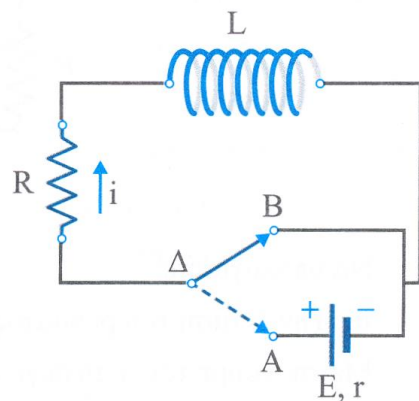
- α.** Τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία η ένταση του ρεύματος είναι ίση με το μισό της μέγιστης τιμής της.
- β.** Το ποσοστό της αποθηκευμένης ενέργειας στο πηνίο τη χρονική στιγμή  $t_1$  σε σχέση με τη μέγιστη ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.
- γ.** Τον ρυθμό αποθήκευσης ενέργειας στο πηνίο, τον ρυθμό προσφοράς ενέργειας στο κύκλωμα από την πηγή και τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμική ενέργεια από το κύκλωμα τη χρονική στιγμή  $t_2 = \left( \frac{2L}{R} \ln 2 \right) \text{ s}$ .
- δ.** Τον μέγιστο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα.

**60.** Κύκλωμα περιλαμβάνει πηγή με ΗΕΔ  $E = 60 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 1 \text{ } \Omega$ , αντιστάτη αντίστασης  $R = 4 \text{ } \Omega$ , ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,01 \text{ H}$  και μεταγωγό, όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ο μεταγωγός του κυκλώματος μετακινείται στη θέση Α.

Να υπολογίσετε:

- α.** Τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα αμέσως μετά τη χρονική στιγμή  $t = 0$ .
- β.** Την τελική τιμή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και την ενέργεια που αποθηκεύεται τότε στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.

Τη χρονική στιγμή στην οποία η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου είναι ίση με  $-20 \text{ V}$ , να υπολογίσετε:

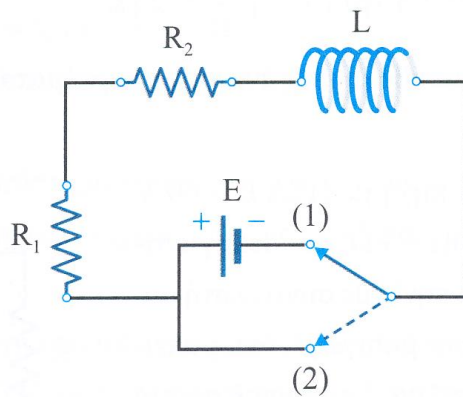


- γ. i. Τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα. ii. Τον ρυθμό αποθήκευσης ενέργειας στο πηνίο. iii. Τον ρυθμό παραγωγής θερμότητας και τον ρυθμό με τον οποίο η πηγή προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα.

Αφού έχει αποκατασταθεί η σταθερή τιμή του ρεύματος στο κύκλωμα, μετακινούμε ακαριαία τον μεταγωγό στη θέση Β. Να υπολογίσετε:

- δ. Τον ρυθμό με τον οποίο το πηνίο προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι ίση με 10 A.  
ε. Τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη αντίστασης R από τη χρονική στιγμή της μετακίνησης του μεταγωγού στη θέση Β μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα μηδενίζεται.

61. Στο παρακάτω κύκλωμα το ιδανικό πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,5 \text{ H}$ , η πηγή είναι ιδανική με ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 60 \text{ V}$  και οι ωμικοί αντιστάτες εμφανίζουν αντιστάσεις  $R_1 = 6 \Omega$  και  $R_2 = 4 \Omega$ . Το κύκλωμα περιλαμβάνει μεταγωγό δύο θέσεων, ο οποίος αρχικά βρίσκεται για μεγάλο χρονικό διάστημα στη θέση (1).



Να υπολογίσετε:

- α. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

Μετακινούμε τον μεταγωγό στη θέση (2).

Να υπολογίσετε:

- β. Τον ρυθμό μεταβολής της τάσης στα άκρα του αντιστάτη αντίστασης  $R_1$  τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι ίση με 4 A.  
γ. Τη μεταβολή της απόλυτης τιμής της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο από τη χρονική στιγμή της μετακίνησης του μεταγωγού στη θέση (2) έως τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα γίνεται ίση με 1 A.

- δ. Τη θερμότητα που εκλύεται από κάθε αντιστάτη του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή της μετακίνησης του μεταγωγού στη θέση (2) έως την πλήρη εκφόρτιση του πηνίου.

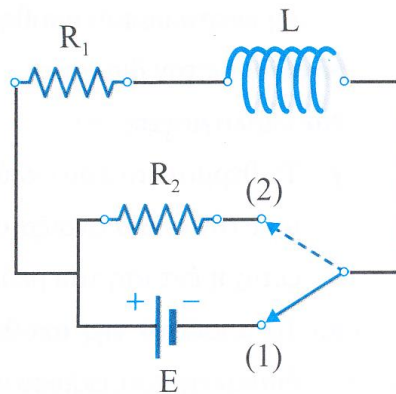
62. Κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανική πηγή με ΗΕΔ  $E = 10 \text{ V}$ , ωμικούς αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = 2 \text{ } \Omega$ ,  $R_2 = 6 \text{ } \Omega$ , ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,5 \text{ H}$  και μεταγωγό δύο θέσεων. Αρχικά ο μεταγωγός βρίσκεται στη θέση (1) για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Να υπολογίσετε:

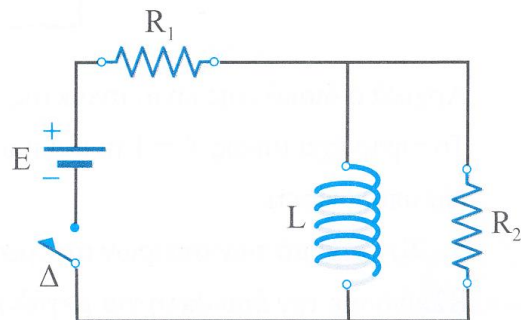
- α. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και την αποθηκευμένη ενέργεια στο πηνίο.

Μετακινούμε ακαριαία τον μεταγωγό στη θέση (2). Μετά τη μετακίνηση του μεταγωγού, να υπολογίσετε:

- β. Τον στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα τη χρονική στιγμή στην οποία η αποθηκευμένη ενέργεια στο πηνίο είναι ίση με  $1 \text{ J}$ .
- γ. Τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα από τους αντιστάτες του κυκλώματος και τον ρυθμό απώλειας της αποθηκευμένης ενέργειας στο πηνίο, όταν η τελευταία είναι ίση με  $1 \text{ J}$ .
- δ. Τη θερμότητα που εκλύεται από τους αντιστάτες του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή της μετακίνησης του μεταγωγού στη θέση (2) μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία μηδενίζεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.



63. Το διπλανό κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,1 \text{ H}$ , αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = R_2 = 5 \text{ } \Omega$ , ιδανική πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 50 \text{ V}$  και διακόπτη  $\Delta$ . Αρχικά ο διακόπτης  $\Delta$  είναι ανοικτός. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη. Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη, να υπολογίσετε:



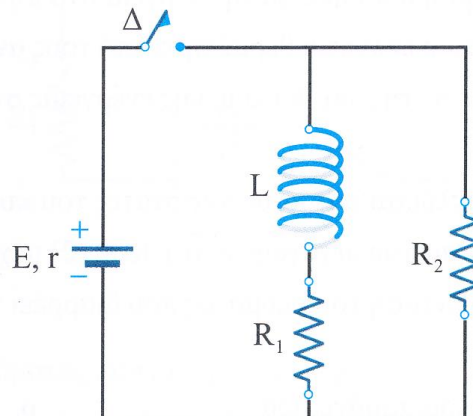
- α.** i. Τις εντάσεις των ρευμάτων στους κλάδους του κυκλώματος.  
ii. Την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή (κατά απόλυτη τιμή) που αναπτύσσεται στο πηνίο.  
iii. Τον στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο πηνίο.  
**β.** Τη μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και τη μέγιστη δυναμική ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.

Ανοίγουμε τον διακόπτη.

Να υπολογίσετε:

- γ.** Τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη αντίστασης  $R_2$  από τη χρονική στιγμή στην οποία ανοίξαμε τον διακόπτη μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία μηδενίζεται η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.  
**δ.** Το ποσοστό της αποθηκευμένης ενέργειας στο πηνίο πριν από το άνοιγμα του διακόπτη που εκλύεται ως θερμότητα από τον αντιστάτη αντίστασης  $R_2$ , όταν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με 1 A.

- 64.** Κύκλωμα περιλαμβάνει πηγή με ΗΕΔ  $E = 40 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 2 \Omega$ , αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = 3 \Omega$ ,  $R_2 = 6 \Omega$ , ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,04 \text{ H}$  και διακόπτη  $\Delta$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός.

Το πηνίο έχει μήκος  $\ell = 1 \text{ m}$  και η ακτίνα των σπειρών του είναι  $a = 2 \text{ cm}$ .

Να υπολογίσετε:

- α.** Τον αριθμό των σπειρών ανά μονάδα μήκους του πηνίου.

Κλείνουμε τον διακόπτη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Να υπολογίσετε:

- β.** **i.** Τις εντάσεις των ρευμάτων στους κλάδους του κυκλώματος, **ii.** την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή (κατά απόλυτη τιμή) που αναπτύσσεται στο πηνίο και **iii.** τον στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη.
- γ.** Τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο του πηνίου είναι  $i_1 = 1 \text{ A}$ , να υπολογίσετε: **i.** Την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου, **ii.** τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.
- δ.** Τη μέγιστη ενέργεια που αποθηκεύεται στο πηνίο.  
 Ανοίγουμε τον διακόπτη. Να υπολογίσετε:
- ε.** Το ποσό θερμότητας που εκλύεται από κάθε αντιστάτη του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή στην οποία ανοίξαμε τον διακόπτη μέχρι τη χρονική στιγμή στην οποία μηδενίζεται το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα.

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$  και για τις πράξεις:  $\pi^2 = 10$ .

**65.** Κύκλωμα περιλαμβάνει ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$ , αντιστάτη αντίστασης  $R = 5 \Omega$  που συνδέεται σε σειρά με το πηνίο, πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$  και εσωτερικής αντίστασης  $r = 1 \Omega$  και διακόπτη  $\Delta$ .

Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός και το κύκλωμα δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Κλείνοντας τον διακόπτη  $\Delta$ , ο στιγμιαίος ρυθμός

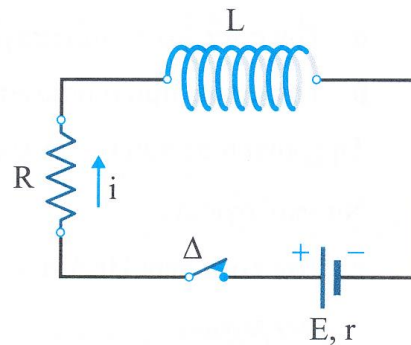
μεταβολής της έντασης του ρεύματος  $\frac{di}{dt}$  στο κύκλωμα σε συνάρτηση με την ένταση

του ρεύματος  $i$  που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από την εξίσωση:

$$\frac{di}{dt} = 1000 - 200i \text{ (S.I.)}$$

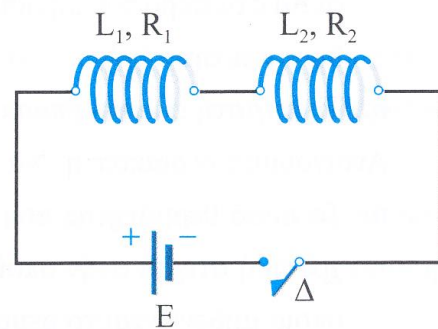
Να υπολογίσετε:

- α.** Τον συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  του πηνίου και την ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$ .
- β.** Τη μέγιστη τιμή της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή (κατά απόλυτη τιμή) που αναπτύσσεται στο πηνίο και τον μέγιστο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.



- γ. Τον ρυθμό μεταβολής της τάσης στα άκρα του αντιστάτη R και τον ρυθμό μεταβολής της τάσης από αυτεπαγωγή τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με 4 A.
- δ. Την τιμή της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα, όταν το πηνίο έχει αποθηκεύσει το 64% της μέγιστης ενέργειας που αποθηκεύει στη διάρκεια του φαινομένου.

- 66.** Δύο κυλινδρικά πηνία (1) και (2) με συντελεστές αυτεπαγωγής  $L_1$  και  $L_2 = 0,02$  H και αντιστάσεις  $R_1 = 2 \Omega$  και  $R_2 = 1 \Omega$  αντίστοιχα συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους και στα άκρα του συστήματός τους συνδέουμε διακόπτη  $\Delta$  και ιδανική πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 30$  V. Αρχικά ο διακόπτης  $\Delta$  είναι ανοικτός.



Τα δύο πηνία έχουν μεταξύ τους ίσα εμβαδά σπειρών και πλήθος σπειρών ανά μονάδα μήκους, αλλά το μήκος του πηνίου (1) είναι διπλάσιο από το μήκος του πηνίου (2).

Να υπολογίσετε:

- α. Τον συντελεστή αυτεπαγωγής  $L_1$ .
- β. Τον ισοδύναμο συντελεστή αυτεπαγωγής του συστήματος των δύο πηνίων.

Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη.

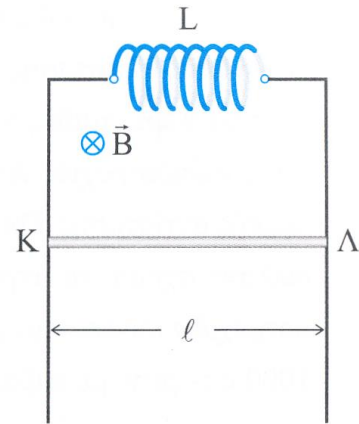
Να υπολογίσετε:

- γ. Τον λόγο των ΗΕΔ από αυτεπαγωγή  $\frac{E_{\text{ΑΥΤ}(1)}}{E_{\text{ΑΥΤ}(2)}}$  που αναπτύσσονται στα άκρα των δύο πηνίων.
- δ. Τον ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύει ενέργεια το κάθε πηνίο τη χρονική στιγμή στην οποία η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι  $i = 6$  A.

Για τη χρονική στιγμή στην οποία η ενέργεια που έχει αποθηκεύσει το πηνίο (2) είναι  $U_2 = 0,25$  J, να υπολογίσετε:

- ε. i. Τον στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος  $\frac{di_2}{dt}$  στο πηνίο (2).
- ii. Τη διαφορά δυναμικού στα άκρα τού κάθε πηνίου.

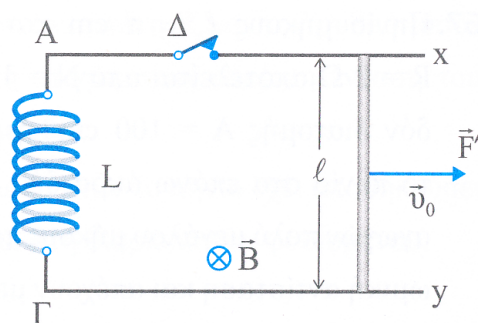
**67.** Πηνίο μήκους  $\ell_\pi = \pi$  cm και ωμικής αντίστασης  $R = 2 \Omega$  αποτελείται από  $N = 100$  σπείρες με εμβαδόν διατομής  $A = 100 \text{ cm}^2$  η καθεμία. Συνδέουμε το πηνίο στα επάνω άκρα δύο κατακόρυφων λείων αγωγών πολύ μεγάλου μήκους που δεν παρουσιάζουν ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\ell = 0,2$  m. Η διάταξη των αγωγών και του πηνίου βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 1$  T. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο των δύο κατακόρυφων αγωγών. Οριζόντιος αγωγός ΚΛ μάζας  $m = 100$  g, μήκους  $\ell = 0,2$  m και αμελητέας αντίστασης βρίσκεται σε επαφή με τους κατακόρυφους αγωγούς και αφήνεται χωρίς αρχική ταχύτητα να κινηθεί τη χρονική στιγμή  $t = 0$ . Ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κινείται προς τα κάτω παραμένοντας διαρκώς οριζόντιος και σε επαφή με τους κατακόρυφους αγωγούς. Να υπολογίσετε:



- α.** Τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.
- β.** Την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού και το μέτρο της επιτάχυνσής του τη χρονική στιγμή  $t = 0$ .
- γ.** Το μέτρο της οριακής ταχύτητας του αγωγού ΚΛ.
- δ.** Τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου τη χρονική στιγμή στην οποία το πηνίο έχει αποθηκεύσει το 25% της μέγιστης ενέργειας που αποθηκεύει στη διάρκεια του φαινομένου.
- ε.** Τον ρυθμό με τον οποίο ο αγωγός ΚΛ προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα, τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα στον αντιστάτη του πηνίου και τον ρυθμό με τον οποίο το πηνίο αποθηκεύει ενέργεια, αφού ο αγωγός αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα.

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$  και το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**68.** Αγωγός μάζας  $m = 0,1 \text{ kg}$ , μήκους  $\ell = 0,1 \text{ m}$  και ωμικής αντίστασης  $R_\alpha = 0,4 \ \Omega$  μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω σε λείες, οριζόντιες σιδηροτροχιές Ax και Γy αμελητέας ωμικής αντίστασης. Όπως απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα, τα άκρα A και Γ των σιδηροτροχιών συνδέονται μεταξύ τους με πηνίο



1000 σπειρών, με εμβαδόν  $A = (1/\pi) \text{ cm}^2$  η καθεμία σπείρα. Το πηνίο φέρει πυρήνα μαγνητικού υλικού στο εσωτερικό του, έχει μήκος  $\ell = 0,1 \text{ m}$ , ωμική αντίσταση  $R_\pi = 0,1 \ \Omega$  και συντελεστή αυτεπαγωγής  $L = 0,5 \text{ H}$ . Αρχικά ο διακόπτης  $\Delta$  είναι ανοικτός και ο αγωγός κινείται προς τα δεξιά με οριζόντια ταχύτητα μέτρου  $v_0$  μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B = 2 \text{ T}$ , διατηρώντας διαρκώς τα άκρα του σε επαφή με τις σιδηροτροχιές. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο κίνησης του αγωγού. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  κλείνουμε τον διακόπτη και ταυτόχρονα ασκούμε στον αγωγό μια οριζόντια εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  προς τα δεξιά, ώστε η ένταση του ρεύματος στον κλειστό βρόχο που δημιουργείται να δίνεται από τη χρονική εξίσωση  $i = 2t$  (S.I.).

Να υπολογίσετε:

- α.** Τη μαγνητική διαπερατότητα  $\mu$  του υλικού του πυρήνα του πηνίου.
- β.** Την τάση από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου και το μέτρο  $v_0$  της ταχύτητας του αγωγού.
- γ.** Τον ρυθμό μεταβολής του μέτρου της εξωτερικής δύναμης  $\vec{F}'$ .
- δ.** Τον ρυθμό αποθήκευσης ενέργειας στο πηνίο, τον ρυθμό με τον οποίο εκλύεται θερμότητα από τους αντιστάτες του κυκλώματος, τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού και τον ρυθμό με τον οποίο η εξωτερική δύναμη  $\vec{F}'$  προσφέρει ενέργεια στον αγωγό τη χρονική στιγμή  $t = 2 \text{ s}$ .
- ε.** Την ενέργεια που έχει αποθηκεύσει το πηνίο στο μαγνητικό του πεδίο, τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του πηνίου και τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού τη χρονική στιγμή  $t = 3 \text{ s}$ .

Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$ .