

Υλη μέσα σε μαγνητικό πεδίο 6

Θέματα για απάντηση

Α. Ερωτήσεις γνώσης (θέμα 1^ο)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Σε καθεμία από τις επόμενες ερωτήσεις, να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

1. Στο εσωτερικό ρευματοφόρου σωληνοειδούς τοποθετούμε μια ράβδο μαλακού σιδήρου. Οπότε, οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό του:
 - α. διατηρούν την αρχική τους μορφή
 - β. αραιώνουν
 - γ. πυκνώνουν
 - δ. αντιστρέφουν τη φορά τους.
2. Η παρουσία ενός κομματιού σιδήρου σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έχει ως αποτέλεσμα:
 - α. να μαγνητιστεί ο σίδηρος
 - β. οι δυναμικές μαγνητικές γραμμές να πυκνώσουν
 - γ. να αυξηθεί η ένταση του πεδίου
 - δ. όλα τα παραπάνω.
3. Στο εσωτερικό ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι $B_0=0,2\text{T}$. Αν τοποθετήσουμε ένα κομμάτι μαλακού σιδήρου μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=1000$ στο εσωτερικό του σωληνοειδούς, το μέτρο της έντασης B του μαγνητικού πεδίου θα γίνει:
 - α. $1000,2\text{T}$
 - β. $999,8\text{T}$
 - γ. 200T
 - δ. $0,0002\text{T}$
4. Η μαγνητική διαπερατότητα μ ενός υλικού:
 - α. είναι καθαρός αριθμός
 - β. μετριέται στο S.I. σε N/A^2
 - γ. παίρνει πάντα τιμές μεγαλύτερες της μονάδας
 - δ. εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία του υλικού.
5. Ένα μαγνητικό πεδίο επιδρά:
 - α. μόνο στα σιδηρομαγνητικά υλικά
 - β. μόνο στα παραμαγνητικά υλικά
 - γ. μόνο στα διαμαγνητικά υλικά
 - δ. σε όλα τα παραπάνω.

6. Η μαγνητική διαπερατότητα των παραμαγνητικών υλικών είναι:
α. $\mu \gg 1$ β. $\mu < 1$ γ. $\mu > 1$ δ. $\mu < 0$.
7. Η μαγνητική διαπερατότητα των σιδηρομαγνητικών υλικών είναι:
α. $\mu \gg 1$ β. $\mu < 1$ γ. $\mu > 1$ δ. $\mu < 0$.
8. Η μαγνητική διαπερατότητα των διαμαγνητικών υλικών είναι:
α. $\mu \gg 1$ β. $\mu < 1$ γ. $\mu > 1$ δ. $\mu < 0$.
9. Ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το νικέλιο είναι υλικά:
α. παραμαγνητικά
β. διαμαγνητικά
γ. σιδηρομαγνητικά
δ. τίποτα από τα παραπάνω.
10. Η μαγνητική διαπερατότητα ενός τεμαχίου νικελίου:
α. είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μονάδα
β. είναι λίγο μεγαλύτερη από τη μονάδα
γ. είναι λίγο μικρότερη από τη μονάδα
δ. εξαρτάται από τις διαστάσεις του τεμαχίου.
11. Η εισαγωγή διαμαγνητικού υλικού σ' ένα μαγνητικό πεδίο προκαλεί στο εσωτερικό του υλικού:
α. μικρή ενίσχυση του πεδίου
β. αντιστροφή της φοράς των δυναμικών γραμμών
γ. μηδενισμό του μέτρου της έντασης του πεδίου
δ. μικρή εξασθένιση του πεδίου.
12. Αν μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο τοποθετήσουμε ένα χαλύβδινο κομμάτι, θα διαπιστώσουμε ότι:
α. η μαγνήτιση του χάλυβα είναι παροδική
β. η θερμοκρασία του θα ξεπεράσει τη θερμοκρασία Curie
γ. οι δυναμικές γραμμές μέσα στο χάλυβα αραιώνουν
δ. ο χάλυβας γίνεται μόνιμος μαγνήτης.
13. Δέχονται μαγνητικές επιδράσεις όταν βρεθούν σε μαγνητικό πεδίο:
α. όλα τα υλικά, περισσότερο ή λιγότερο έντονα
β. ορισμένα μόνο υλικά
γ. μόνο τα σιδηρομαγνητικά υλικά
δ. μόνο τα παραμαγνητικά υλικά.
14. Ένα όργανο το οποίο είναι ευαίσθητο στα μαγνητικά πεδία, μπορεί να προστατευτεί από αυτά αν το τοποθετήσουμε στο εσωτερικό ενός:
α. π्लाστικού κουτιού
β. ξύλινου κουτιού
γ. μεταλλικού κουτιού με υλικό διαπερατότητας $\mu < 1$
δ. μεταλλικού κουτιού με υλικό διαπερατότητας $\mu \gg 1$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΩΣΤΟ – ΛΑΘΟΣ

Στις επόμενες ερωτήσεις κάθε πρόταση να χαρακτηριστεί σωστή (Σ) ή λανθασμένη

15. Στο εσωτερικό ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς τοποθετούμε μαλακό σίδηρο. Τότε έχουμε:
- προσανατολισμό των στοιχειωδών μαγνητικών περιοχών του σιδήρου
 - μια μικρή αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου
 - ελάττωση της έντασης του μαγνητικού πεδίου
 - αύξηση του ρεύματος
 - παροδική μαγνήτιση του σιδήρου
 - έναν ηλεκτρομαγνήτη.
16. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς εξαρτάται από:
- το μήκος του σωληνοειδούς
 - το υλικό του πυρήνα
 - τον αριθμό των σπειρών του
 - τη διάμετρο του σωληνοειδούς.
17. Αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς έναν πυρήνα μαλακού σιδήρου:
- η ένταση του μαγνητικού πεδίου θα μειωθεί μ φορές
 - ο πυρήνας θα μαγνητιστεί
 - οι δυναμικές γραμμές του πεδίου θα πυκνώσουν
 - θα αλληιάξουν οι πόλοι του πηνίου
 - η ένταση του ρεύματος του πηνίου θα αυξηθεί
 - η διεύθυνση των δυναμικών μαγνητικών γραμμών θα αλληιάξει.
18. Ένα ρευματοφόρο σωληνοειδές δημιουργεί στο εσωτερικό του μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B_0 . Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς φέρουμε πυρήνα σιδηρομαγνητικού υλικού μαγνητικής διαπερατότητας μ . Η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται και γίνεται B .
- Η μαγνητική διαπερατότητα του υλικού είναι καθαρός αριθμός και ορίζεται ως το πηλίκο B/B_0 .
 - Η αύξηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου οφείλεται στον προσανατολισμό των στοιχειωδών μαγνητικών περιοχών του σιδηρομαγνητικού υλικού που φέρουμε στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
 - Μετά την εισαγωγή του πυρήνα στο σωληνοειδές, το μαγνητικό φάσμα δεν αλληιοιώνεται.
 - Αν εισαγάγουμε στο σωληνοειδές ένα πυρήνα από διαμαγνητικό υλικό, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου παραμένει σταθερή.

19. Αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς ένα πυρήνα διαμαγνητικού υλικού:
- α. η ένταση του μαγνητικού πεδίου θα μειωθεί μ φορές
 - β. ο πυρήνας θα μαγνητιστεί
 - γ. οι δυναμικές γραμμές του πεδίου θα πυκνώσουν
 - δ. οι δυναμικές γραμμές του πεδίου θα αραιώσουν.
20. Στο εσωτερικό ενός μαγνητικού πεδίου τοποθετούμε ένα σιδερένιο κυκλικό δακτύλιο με τον άξονά του κάθετο στο πεδίο. Τότε:
- α. από το κοίλωμα περνούν οι περισσότερες δυναμικές γραμμές
 - β. στο χώρο του κοιλώματος δημιουργείται ένα πιο ισχυρό μαγνητικό πεδίο
 - γ. παρατηρούμε παραμόρφωση των δυναμικών γραμμών
 - δ. οι δυναμικές γραμμές δεν περνούν από τη μάζα του σιδήρου
 - ε. οι δυναμικές γραμμές διατηρούν την αρχική τους μορφή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ

21. Να αντιστοιχίσετε τα υλικά της στήλης Α με τις μαγνητικές διαπερατότητές τους της στήλης Β.

Στήλη Α	Στήλη Β
α. Διαμαγνητικά υλικά	1. $\mu > 1$
β. Παραμαγνητικά υλικά	2. $\mu < 1$
γ. Σιδηρομαγνητικά υλικά	3. $\mu \gg 1$

Β. Ερωτήσεις κατανόησης (θέμα 2ο)

22. Στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I , τοποθετούμε έναν πυρήνα με υλικό μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=1000$.
- α. Η ένταση του ρεύματος θα αυξηθεί 1000 φορές.
 - β. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου θα αυξηθεί 1000 φορές.
 - γ. Οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό του σωληνοειδούς θα αραιώσουν.
- Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

23. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς μήκους ℓ που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I είναι B . Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου ενός δεύτερου σωληνοειδούς που έχει διπλάσιο μήκος, τον ίδιο αριθμό σπειρών, διαρρέεται από ρεύμα ίδιας τιμής και έχει στο εσωτερικό του υλικό μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=2$, είναι:
- α. B β. $2B$ γ. $B/2$.
- Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Γ. Ασκήσεις (θέμα 3^ο)

Η σταθερά $k_{\mu} = 10^{-7} \text{N/A}^2$ θεωρείται γνωστή

24. Ένα πηνίο αποτελείται από $N=1600$ σπείρες, έχει μήκος $\ell=10\text{cm}$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=15\text{A}$. Να βρείτε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του πηνίου:
- α. αν μεταξύ των σπειρών παρεμβάλλεται αέρας
β. αν μεταξύ των σπειρών παρεμβάλλεται σιδηρομαγνητικό υλικό με μαγνητική διαπερατότητα $\mu=1000$.
25. Ένας κυλινδρικός σιδηροπυρήνας τυλίγεται με σύρμα ώστε να δημιουργηθεί ένα σωληνοειδές. Το σωληνοειδές τροφοδοτείται με γεννήτρια συνεχούς ρεύματος και η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του είναι $B=0,2\text{T}$. Με την αφαίρεση του σιδηροπυρήνα, η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς γίνεται $B_0=4 \cdot 10^{-4}\text{T}$. Να υπολογίσετε τη μαγνητική διαπερατότητα του σιδήρου.
26. Ένα σωληνοειδές 800 σπειρών έχει μήκος $\ell=40\text{cm}$ ενώ η ηλεκτρική αντίσταση που παρουσιάζει το σύρμα του είναι $R=3\Omega$. Τα άκρα του σωληνοειδούς συνδέονται με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής με $\varepsilon=10\text{V}$ και $r=1\Omega$. Να βρείτε:
- α. το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
β. πόσο γίνεται το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του αν εισαχθεί σιδηρομαγνητικό υλικό με μαγνητική διαπερατότητα $\mu=1000$.

27. Ένα πηνίο έχει μήκος $\ell = \pi \text{ m}$ και $N = 18$ σπείρες που καθεμία έχει αντίσταση $R = 0,5 \Omega$. Στο εσωτερικό του πηνίου έχει τοποθετηθεί ένας πυρήνας με υλικό μαγνητικής διαπερατότητας $\mu = 2000$. Τα άκρα του πηνίου συνδέονται με πηγή χαρακτηριστικών $\varepsilon = 30 \text{ V}$, $r = 1 \Omega$. Να βρείτε:
- την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές
 - το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του.
28. Η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς όταν αυτό διαρρέεται από ρεύμα έντασης I είναι $B_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Διαθέτουμε τρεις πυρήνες Α, Β, Γ από διαφορετικό υλικό τους οποίους τοποθετούμε διαδοχικά στο εσωτερικό του σωληνοειδούς. Οι μετρήσεις των τιμών της νέας έντασης του μαγνητικού πεδίου έδειξαν ότι:

Για τον πυρήνα Α, η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B_1 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
 Για τον πυρήνα Β, η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
 Για τον πυρήνα Γ, η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B_3 = 2 \text{ T}$.

- Να υπολογίσετε τη μαγνητική διαπερατότητα των πυρήνων.
- Να προσδιορίσετε ποιο υλικό είναι σιδηρομαγνητικό, ποιο παραμαγνητικό και ποιο διαμαγνητικό.

63

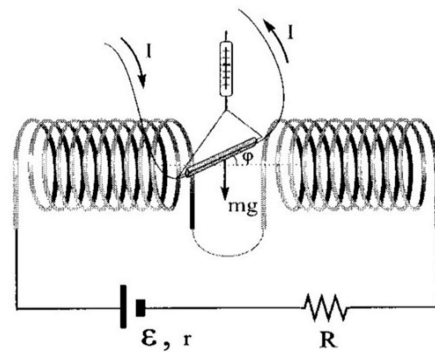
Δ. Προβλήματα (θέμα 4^ο)

29. Α. Ένας αντιστάτης αποτελείται από σύρμα κονσταντάνης, διαμέτρου 1 mm και μήκους $1600\pi \text{ cm}$. Η ειδική αντίσταση της κονσταντάνης είναι $50 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.
- Ποια είναι η τιμή της αντίστασης του αντιστάτη;
- Β. Το σύρμα του ερωτήματος Α περιελίσσεται σε σπείρωμα γύρω από σωλήνα από μονωτική ύλη, που έχει εξωτερική διάμετρο 4 cm . Η μόνωση του σύρματος έχει αμελητέο πάχος, ώστε σε κάθε 1 mm μήκους του σωλήνα να αντιστοιχεί 1 σπείρα. Να βρείτε τον αριθμό των σπειρών καθώς και το μήκος του σωληνοειδούς που κατασκευάσθηκε.

Γ. Το σωληνοειδές συνδέεται με σειρά με αντιστάτη $R_1=16\Omega$ και το δίπολο που προκύπτει συνδέεται με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής η οποία έχει στοιχεία ταυτότητας $\varepsilon=50V$ και $r=2\Omega$.

- α. Πόση είναι η ολική αντίσταση του κυκλώματος;
- β. Πόση είναι την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές;
- γ. Πόση είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς;
- δ. Ο σωλήνας του μονωτικού υλικού αντικαθίσταται από κύλινδρο από χυτοσίδηρο της ίδιας διαμέτρου και μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=100$. Ποια είναι η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου στον πυρήνα από χυτοσίδηρο;

30. Ένα σωληνοειδές με αντίσταση $R_\Sigma=1\Omega$ αποτελείται από $n=10$ σπείρες ανά εκατοστό. Το σωληνοειδές συνδέεται μέσω αντιστάσης $R=8\Omega$ με ηλεκτρική πηγή χαρακτηριστικών $\varepsilon=10V$ και $r=1\Omega$. Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο που εκτείνεται σε όλο το μήκος του. Μέσα στο σωληνοειδές τοποθετούμε



έναν ευθύγραμμο αγωγό μήκους $l=20cm$ ώστε αυτός να σχηματίζει γωνία φ με τον άξονά του. Ο αγωγός δέχεται δύναμη Laplace μέτρου $F_L=4\pi \cdot 10^{-5}N$.

- α. Να βρείτε το μέτρο B της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του πηνίου.
- β. Να υπολογίσετε τη γωνία φ .
- γ. Τοποθετούμε τον αγωγό κάθετα στον άξονα του σωληνοειδούς και εισάγουμε στο σωληνοειδές υλικό μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=100$. Να βρείτε το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται ο αγωγός από το μαγνητικό πεδίο.

ΓΡΑΠΤΗ ΕΞΕΤΑΣΗ 2 (Διάρκεια 3 ώρες)

Θέμα 1^ο

Στις ερωτήσεις 1-4 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Η εισαγωγή ενός παραμαγνητικού υλικού σε μαγνητικό πεδίο προκαλεί:

- α. ελάττωση της έντασης του πεδίου
- β. μικρή αύξηση της έντασης του πεδίου
- γ. μεγάλη αύξηση της έντασης του πεδίου
- δ. μηδενισμό της έντασης του πεδίου.

Μονάδες 5

2. Η μαγνητική διαπερατότητα των διαμαγνητικών υλικών είναι:

- α. $\mu \gg 1$
- β. $\mu > 1$
- γ. $\mu = 1$
- δ. $\mu < 1$

Μονάδες 5

3. Ένας ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Η δύναμη Laplace που ασκείται στο ρευματοφόρο αγωγό είναι μέγιστη:

- α. όταν ο αγωγός είναι παράλληλος στις δυναμικές γραμμές
- β. όταν ο αγωγός είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές
- γ. όταν ο αγωγός σχηματίζει γωνία 60° με τις δυναμικές γραμμές
- δ. όταν ο αγωγός σχηματίζει τυχαία γωνία με τις δυναμικές γραμμές.

Μονάδες 5

4. Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} και δέχεται από το πεδίο μαγνητική δύναμη \vec{F}_L . Αν διπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, τότε το μέτρο της μαγνητικής δύναμης \vec{F}_L :

- α. διπλασιάζεται
- β. υποδιπλασιάζεται
- γ. παραμένει το ίδιο
- δ. τετραπλασιάζεται.

Μονάδες 5

5. Να συμπληρώσετε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

- α. Η μαγνητική διαπερατότητα των υλικών είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μονάδα.
- β. Τη δύναμη που δέχεται ρευματοφόρος αγωγός από το μαγνητικό πεδίο την ονομάζουμε
- γ. Μαγνητική διαπερατότητα μ ενός υλικού ονομάζουμε το πηλίκο
- δ. Η παρουσία σιδήρου μέσα σε μαγνητικό πεδίο προκαλεί..... της..... του πεδίου.
- ε. Αν ένα ραβδόμορφο κομμάτι χάλυβα τοποθετηθεί στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς, τότε θα μαγνητιστεί

Μονάδες 5

Θέμα 2^ο

1. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους ℓ σχηματίζει γωνία 30° με τις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου B . Ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης I . Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις διπλασιάζεται η δύναμη που δέχεται ο αγωγός;
- όταν διπλασιάσουμε το μήκος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο πεδίο και ταυτόχρονα υποδιπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος.
 - όταν υποδιπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος και ταυτόχρονα τριπλασιάσουμε την ένταση του πεδίου
 - όταν περιστρέψουμε τον αγωγό ώστε να τέμνει κάθετα τις δυναμικές γραμμές

Μονάδες 3

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

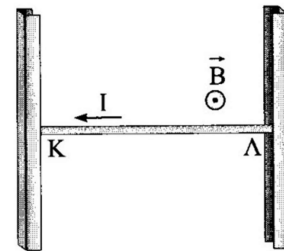
2. Ένα σωληνοειδές με μήκος ℓ και αριθμό σπειρών N διαρρέεται από ρεύμα έντασης I . Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B . Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις έχουμε αύξηση της έντασης του πεδίου;
- αν διπλασιάσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές
 - αν εισάγουμε στο εσωτερικό του σωληνοειδούς διαμαγνητικό υλικό με μαγνητική διαπερατότητα μ .

Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

3. Ένας ευθύγραμμος αγωγός $ΚΛ$ με μήκος $\ell=2\text{ m}$ και μάζα $m=0,1\text{ kg}$ είναι συνεχώς κάθετος σε δύο κατακόρυφους μονωτικούς στύλους πάνω στους οποίους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Στο χώρο υπάρχει οριζόντιο μαγνητικό πεδίο μέτρου έντασης $B=0,1\text{ T}$ του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο κατακόρυφοι αγωγοί και φορά όπως φαίνεται στο σχήμα.



Ο αγωγός $ΚΛ$ συγκρατείται ακίνητος. Διαβιβάζουμε στον αγωγό ρεύμα έντασης $I=5\text{ A}$ και τον αφήνουμε ελεύθερο. Τότε ο αγωγός:

- θα παραμείνει ακίνητος
- θα ανεβαίνει με επιτάχυνση
- θα κατεβαίνει με επιτάχυνση.

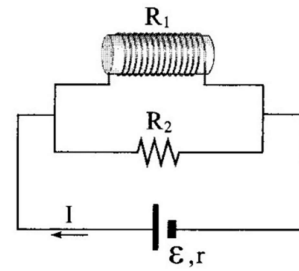
Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

Θέμα 3^ο

Στο διπλανό κύκλωμα το σωληνοειδές έχει μήκος $\ell=8\text{ m}$, αποτελείται από $N=400$ σπείρες και έχει αντίσταση $R_1=6\ \Omega$. Ο αντιστάτης R_2 έχει αντίσταση $3\ \Omega$. Τα στοιχεία της πηγής είναι $\mathcal{E}=24\text{ V}$ και $r=2\ \Omega$. Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς υπάρχει υλικό με μαγνητική διαπερατότητα μ .



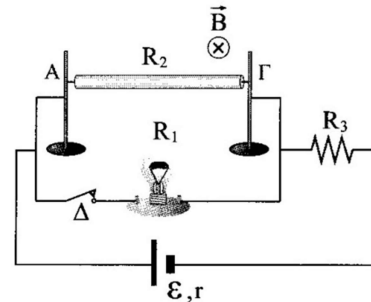
Να υπολογίσετε:

- α. την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος Μονάδες 5
- β. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή Μονάδες 7
- γ. τη θερμότητα που εκλύεται στο σωληνοειδές σε χρονικό διάστημα $\Delta t=1\text{ min}$. Μονάδες 5
- δ. την μαγνητική διαπερατότητα μ του υλικού αν η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς είναι $B_1=2\pi \cdot 10^{-2}\text{ T}$. Μονάδες 8

Θέμα 4^ο

Τα στοιχεία της πηγής του κυκλώματος είναι \mathcal{E} και $r=10\ \Omega$. Ο αντιστάτης R_3 έχει αντίσταση $30\ \Omega$ ενώ ο λαμπτήρας έχει στοιχεία κανονικής λειτουργίας ($240\text{ W}-120\text{ V}$). Ο ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ έχει μήκος $\ell=0,5\text{ m}$, μάζα $m=0,4\text{ kg}$ και αντίσταση $R_2=30\ \Omega$.

Ο αγωγός βρίσκεται σε οριζόντια θέση πάνω σε δύο κατακόρυφους αγωγούς και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Το κύκλωμα βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο μέτρου έντασης B το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο των δύο κατακόρυφων αγωγών και με φορά όπως στο σχήμα.



- A. Κλείνουμε το διακόπτη Δ και ταυτόχρονα αφήνουμε τον αγωγό ελεύθερο, οπότε παρατηρούμε ότι ο αγωγός ΑΓ ισορροπεί. Δεδομένου ότι ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά, να βρείτε:
 - α. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το λαμπτήρα, καθώς και την αντίσταση R_1 Μονάδες 5
 - β. το μέτρο της έντασης B του μαγνητικού πεδίου Μονάδες 4
 - γ. την ΗΕΔ της πηγής. Μονάδες 5
- B. Ανοίγουμε το διακόπτη στο κύκλωμα. Να βρείτε:
 - α. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το νέο κύκλωμα Μονάδες 4
 - β. προς ποια κατεύθυνση θα κινηθεί ο αγωγός. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. Μονάδες 7

Μαγνητική ροή

Θέματα για απάντηση

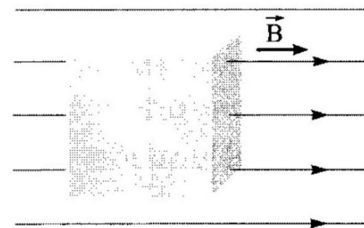
Α. Ερωτήσεις γνώσης (θέμα 1^ο)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Σε καθεμία από τις επόμενες ερωτήσεις, να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

1. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από μια επιφάνεια δίνεται από τη σχέση $\Phi = B \cdot S$:
 - α. όταν η επιφάνεια είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου
 - β. όταν η επιφάνεια βρίσκεται παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου
 - γ. όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη σε οποιαδήποτε διεύθυνση σε σχέση με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου
 - δ. πάντοτε.
2. Η μονάδα της μαγνητικής ροής είναι το:
 - α. 1 T
 - β. 1 V
 - γ. 1 Wb
 - δ. 1 A
3. Η μονάδα της μαγνητικής ροής 1 Weber (Wb) είναι ίση με:
 - α. 1 T/m
 - β. 1 T·m
 - γ. 1 T·m²
 - δ. 1 T/m²
4. Η μαγνητική ροή που περνά από μια επιφάνεια:
 - α. ισούται πάντα με το γινόμενο του μέτρου της έντασης B του μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο βρίσκεται η επιφάνεια επί το εμβαδόν της.
 - β. είναι μηδέν όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου
 - γ. είναι μέγιστη όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου
 - δ. εξαρτάται από τη διεύθυνση του πλαισίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο.
5. Η μαγνητική ροή εκφράζει:
 - α. τον αριθμό των δυναμικών γραμμών που διέρχονται από μια επιφάνεια
 - β. την πυκνότητα των δυναμικών γραμμών, δηλαδή τον αριθμό των δυναμικών γραμμών ανά μονάδα επιφάνειας.
 - γ. το πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο σε μια περιοχή του χώρου
 - δ. το μέγεθος της επιφάνειας από την οποία διέρχονται οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.

6. Ένας κυκλικός αγωγός τοποθετείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Η μαγνητική ροή που διέρχεται απ' αυτόν είναι:
- μηδέν
 - ελάχιστη
 - μέγιστη
 - τίποτα απο τα προηγούμενα.
7. Ένα τετραγωνικό πλαίσιο πλευράς a βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B και σχηματίζει γωνία 30° με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Τότε η μαγνητική ροή είναι:
- Ba^2
 - μηδέν
 - $Ba^2 \sin 30^\circ$
 - $Ba^2 \sin 60^\circ$.
8. Η μαγνητική ροή που περνά από την κλειστή κυβική επιφάνεια του σχήματος:
- ισούται με το γινόμενο του εμβαδού της κλειστής επιφάνειας επί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο βρίσκεται η επιφάνεια αυτή
 - είναι πάντα θετική
 - είναι πάντα αρνητική
 - είναι πάντα μηδέν.



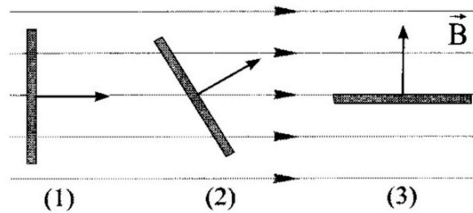
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΩΣΤΟ – ΛΑΘΟΣ

Στις επόμενες ερωτήσεις κάθε πρόταση να χαρακτηριστεί σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ).

9. Η μαγνητική ροή:
- είναι μονόμετρο μέγεθος
 - μπορεί να είναι μηδέν ή να παίρνει θετικές τιμές αλλά ποτέ αρνητικές τιμές
 - μπορεί να είναι μηδέν ή να παίρνει θετικές και αρνητικές τιμές
 - έχει ως μονάδα στο S.I. το 1 Tm^2
 - δεν εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας στο μαγνητικό πεδίο.
10. Ένα πλαίσιο εμβαδού S τοποθετείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου B . Η μαγνητική ροή που διέρχεται απ' αυτό είναι:
- μηδέν
 - $B \cdot S$
 - μέγιστη
 - ελάχιστη.

B. Ερωτήσεις κατανόησης (θέμα 2ο)

11. Μέγιστη ροή έχουμε όταν το πλαίσιο του σχήματος είναι τοποθετημένο στη θέση:
- α. (1)
 - β. (2)
 - γ. (3).



Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να τη δικαιολογήσετε.

12. Μια επίπεδη επιφάνεια εμβαδού S και μια δεύτερη εμβαδού $2S$ είναι τοποθετημένες μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B . Η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια εμβαδού $2S$ είναι μεγαλύτερη
- α. σε κάθε περίπτωση
 - β. στην περίπτωση που τα δύο πλαίσια τοποθετούνται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου
 - γ. στην περίπτωση που τα δύο πλαίσια τοποθετούνται παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να τη δικαιολογήσετε.

13. Ένα σωληνοειδές διαρρέεται από συνεχές ρεύμα. Ένα επίπεδο πλαίσιο τοποθετείται στο εσωτερικό του σωληνοειδούς έτσι ώστε η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο να είναι μέγιστη. Το πλαίσιο είναι τοποθετημένο έτσι ώστε:
- α. να είναι η επιφάνειά του κάθετη στον άξονα του σωληνοειδούς
 - β. ο άξονας του σωληνοειδούς να διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου
 - γ. η κάθετη στην επιφάνεια να σχηματίζει με τον άξονα του πηνίου γωνία φ .

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

Γ. Ασκήσεις (θέμα 3^ο)

14. Το μέτρο της έντασης ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι $B=4 \cdot 10^{-5} \text{T}$.
Να βρείτε:
- πόση μαγνητική ροή περνάει από επιφάνεια εμβαδού $0,5 \text{m}^2$, που είναι τοποθετημένη κάθετα προς τις γραμμές του πεδίου
 - πόση γίνεται η ροή όταν η επιφάνεια του πλαισίου γίνει παράλληλη προς τις γραμμές του πεδίου.
15. Να υπολογιστεί η μαγνητική ροή που περνά από μια επιφάνεια εμβαδού $S=60 \text{cm}^2$ όταν αυτή βρεθεί σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=0,4 \text{T}$ και:
- είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές
 - είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές
 - σχηματίζει γωνία 30° με τις δυναμικές γραμμές.
16. Ένα κυκλικό πλαίσιο ακτίνας $r=10 \text{cm}$ είναι τοποθετημένο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έτσι ώστε να σχηματίζει γωνία 30° με τις δυναμικές γραμμές. Αν η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια έχει τιμή $\Phi=\pi \cdot 10^{-4} \text{Wb}$, να βρείτε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένη η επιφάνεια.
17. Ένα τετραγωνικό πλαίσιο πλευράς a είναι τοποθετημένο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=0,5 \text{T}$, με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές. Αν η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο είναι $\Phi=5 \cdot 10^{-3} \text{Wb}$, να βρείτε την πλευρά a του πλαισίου.
18. Ένα σωληνοειδές με αριθμό σπειρών ανά μονάδα μήκους $n=100 \text{σπ/cm}$ διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=2/\pi \text{ A}$. Αν κάθε σπείρα του σωληνοειδούς έχει ακτίνα $r=10 \text{cm}$ να βρείτε:
- το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς
 - τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς
 - τη μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό του έναν πυρήνα με υλικό μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=500$.

Δ. Προβλήματα (θέμα 4^ο)

19. Ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται σε κυκλική τροχιά με συχνότητα περιστροφής $f=10^6/\pi$ Hz και με ταχύτητα μέτρου $v=10^6$ m/s. Αν η περιστροφή του ηλεκτρονίου γίνεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=0,2$ T και οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στην τροχιά του, να βρείτε τη μαγνητική ροή που διέρχεται από την κυκλική τροχιά.
20. Σύρμα από μαγγανίνη έχει μήκος $\ell=160\pi$ m και διάμετρο $\delta_1=1$ mm. Η ειδική αντίσταση της μαγγανίνης είναι $\rho=4\cdot 10^{-7}\Omega\text{m}$. Το σύρμα μονώνεται και τυλίγεται σε μονωτικό σωλήνα εξωτερικής διαμέτρου $\delta_2=4$ cm ώστε να δημιουργηθεί ένα σωληνοειδές με 4000 σπείρες και μήκους $\ell_1=0,4\pi$ m το οποίο τροφοδοτείται με ρεύμα έντασης $I=4$ A. Να βρεθούν:
- η αντίσταση του σύρματος
 - η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο μέσον του σωληνοειδούς
 - η μαγνητική ροή που διέρχεται από μια σπείρα που βρίσκεται στο μέσο του σωληνοειδούς
 - η μαγνητική ροή που διέρχεται από τη σπείρα, αν αντικαταστήσουμε το σωλήνα με κύλινδρο από σιδηροπυρήνα διαμέτρου δ_2 και διαπερατότητας $\mu=1000$.
21. Ένα σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα με αποτέλεσμα, η μαγνητική ροή που διέρχεται από μια σπείρα του που βρίσκεται στο μέσον του σωληνοειδούς να είναι $\Phi=4\cdot 10^{-7}$ Wb. Αν στο σωληνοειδές εισάγουμε έναν πυρήνα από σίδηρο, η μαγνητική ροή που διέρχεται από τη σπείρα γίνεται $\Phi'=4\cdot 10^{-4}$ Wb. Να βρεθεί η μαγνητική διαπερατότητα του σιδήρου.

Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

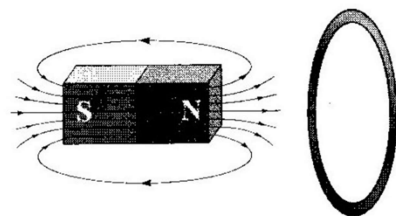
Θέματα για απάντηση

Α. Ερωτήσεις γνώσης (θέμα 1^ο)

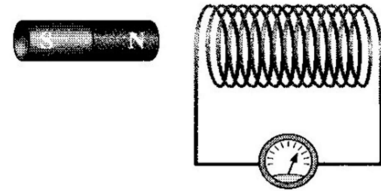
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Σε καθεμία από τις επόμενες ερωτήσεις, να διαλέξετε τη σωστή απάντηση

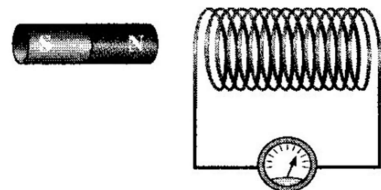
- Ο νόμος της επαγωγής $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ισχύει:
 - μόνο για πηλαίσιο που περιέχει N σπείρες
 - μόνο αν $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ είναι σταθερό
 - μόνο αν το πηλαίσιο είναι κλειστό
 - αν η μαγνητική ροή μεταβάλλεται μέσα από ένα πηλαίσιο, ανεξάρτητα αν αυτό είναι ανοικτό ή κλειστό.
- Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής έχει μονάδα:
 - 1 Wb
 - 1 W
 - 1 V
 - 1 T
- Η μέση επαγωγική ΗΕΔ που θα εμφανιστεί σ' ένα κύκλωμα, όταν μεταβληθεί κατά $\Delta\Phi$ η μαγνητική ροή μέσα απ' αυτό:
 - εξαρτάται από το αν το κύκλωμα είναι ανοικτό ή κλειστό.
 - είναι ανάλογη προς το χρονικό διάστημα που διαρκεί η μεταβολή της μαγνητικής ροής.
 - είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το χρονικό διάστημα που διαρκεί η μεταβολή $\Delta\Phi$ της μαγνητικής ροής.
 - είναι ανεξάρτητη από το χρονικό διάστημα που διαρκεί η μεταβολή της μαγνητικής ροής.
- Ο άξονας του ραβδόμορφου μαγνήτη είναι κάθετος στο επίπεδο του κυκλικού πηλαισίου. Αν διπλασιάσουμε την ταχύτητα με την οποία ο μαγνήτης πλησιάζει το πηλαίσιο, τότε η ΗΕΔ από επαγωγή στο πηλαίσιο:
 - μένει σταθερή
 - διπλασιάζεται
 - τετραπλασιάζεται
 - υποδιπλασιάζεται.



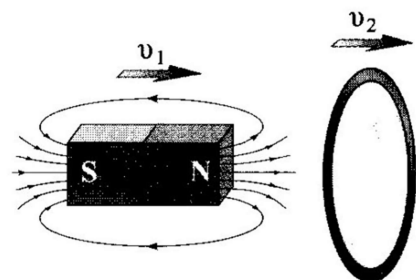
5. Στο διπλανό σχήμα, αναπτύσσεται μεγαλύτερη ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στο πηνίο, όταν ο μαγνήτης:
- πλησιάζει το πηνίο αργά
 - πλησιάζει το πηνίο γρήγορα
 - είναι ακίνητος
 - απομακρύνεται αργά



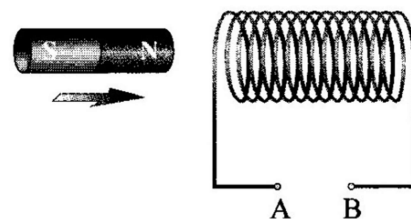
6. Στο διπλανό σχήμα, ο ραβδόμορφος μαγνήτης βρίσκεται πολύ κοντά στο πηνίο και παραμένει ακίνητος ως προς αυτό. Το γαλβανόμετρο δεν δείχνει να περνάει ρεύμα, διότι:
- ο ακίνητος μαγνήτης έπρεπε να είχε τοποθετηθεί μέσα στο πηνίο
 - το γαλβανόμετρο δεν μπορεί να ανιχνεύσει ασθενή ρεύματα
 - δεν έχουμε μεταβολή ροής μέσα από τις σπείρες του πηνίου
 - δεν διέρχεται ροή μέσα από τις σπείρες του πηνίου.



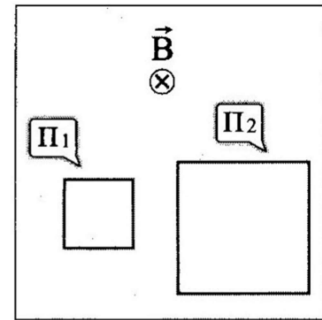
7. Ο άξονας του ραβδόμορφου μαγνήτη είναι κάθετος στο επίπεδο του κυκλικού πλαισίου. Αν ο μαγνήτης και το κυκλικό πλαίσιο κινούνται πάνω στην ίδια διεύθυνση, η ΗΕΔ από επαγωγή που θα αναπτυχθεί στο πλαίσιο θα έχει τη μέγιστη τιμή όταν:
- $v_1 = v_2 = 10 \text{ m/s}$
 - $v_1 = 10 \text{ m/s}, v_2 = 0$
 - $v_1 = 10 \text{ m/s}, v_2 = -10 \text{ m/s}$
 - $v_1 = 0, v_2 = 10 \text{ m/s}$.



8. Όταν πλησιάζουμε το ραβδόμορφο μαγνήτη του σχήματος στο πηνίο:
- το πηνίο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα
 - στο άκρο Α δημιουργείται βόρειος μαγνητικός πόλος
 - στα άκρα Α και Β δημιουργείται διαφορά δυναμικού
 - θα υπάρξει άπωση από το πηνίο.

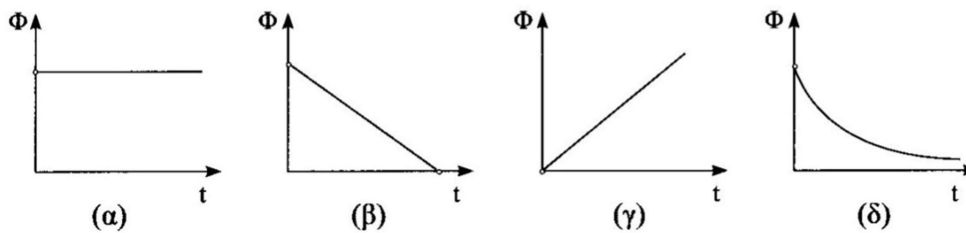
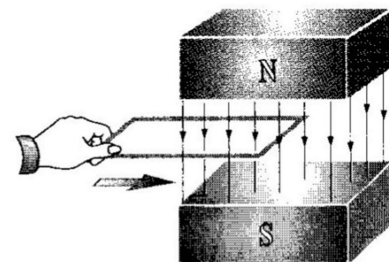


9. Τα δύο τετράγωνα πλαισία Π_1 και Π_2 του σχήματος βρίσκονται με το επίπεδό τους κάθετο στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Το πλαισίο Π_2 έχει διπλάσιο μήκος πλευράς από το πλαισίο Π_1 . Αν η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου μεταβληθεί με ρυθμό $\Delta B/\Delta t$, τότε η σχέση μεταξύ των μέτρων των ΗΕΔ ε_1 και ε_2 που αναπτύσσονται στα πλαισία Π_1 και Π_2 αντίστοιχα είναι:

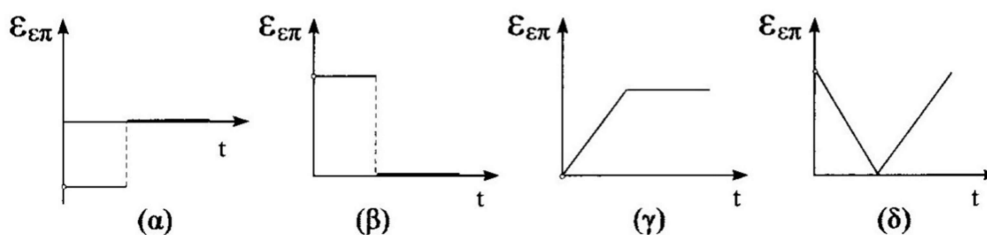
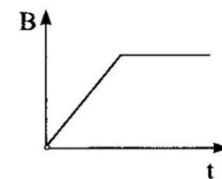


- α. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ β. $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2$ γ. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2/2$ δ. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2/4$

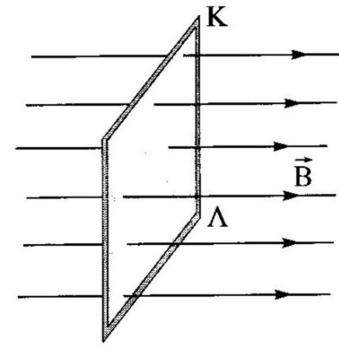
10. Το τετράγωνο πλαισίο του σχήματος εισχωρεί με σταθερή ταχύτητα και με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνει το διάγραμμα μαγνητικής ροής - χρόνου που διέρχεται από το πλαισίο κατά την είσοδό του στο μαγνητικό πεδίο;



11. Ένα ανοικτό πλαισίο βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδό του. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται όπως στο διπλανό διάγραμμα. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα δείχνει την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαισίο;



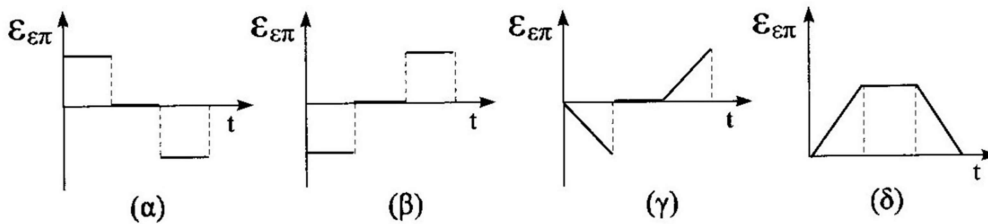
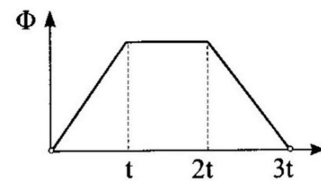
12. Το τετράγωνο πλαίσιο του σχήματος βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το πλαίσιο στρέφεται γύρω από την πλευρά του ΚΛ κατά 90° μέσα σε χρόνο t και αναπτύσσεται σ' αυτό επαγωγική τάση. Αν ο χρόνος περιστροφής του πλαισίου διπλασιαστεί, τότε το επαγωγικό φορτίο που περνά από μια διατομή του πλαισίου:



- α. θα διπλασιαστεί
β. θα τετραπλασιαστεί
γ. θα υποδιπλασιαστεί
δ. θα παραμείνει το ίδιο.

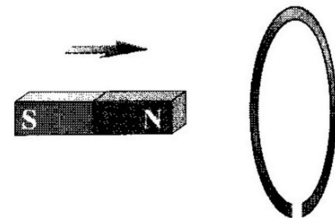
13. Το αρνητικό πρόσημο στο νόμο του Faraday συνδέεται με:
- α. την πολικότητα της επαγωγικής τάσης σ' ένα ανοικτό πλαίσιο
β. τη φορά του ρεύματος, σ' ένα ανοικτό πλαίσιο
γ. τη φορά περιστροφής του πλαισίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο
δ. τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

14. Στο σχήμα φαίνεται η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο. Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται από επαγωγή στο πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο παριστάνεται στο διάγραμμα:



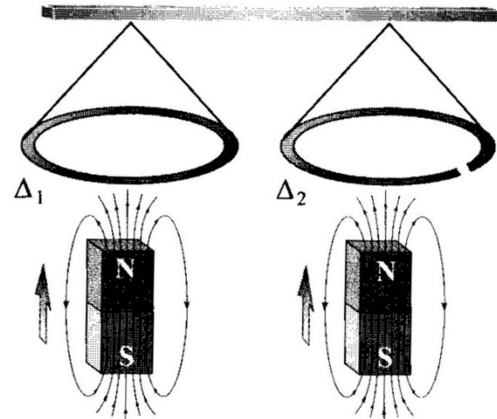
15. Πλησιάζοντας απότομα το μαγνήτη προς το κομμένο δακτυλίδι:

- α. δεν θα περάσει ρεύμα από το δακτυλίδι, διότι δεν εμφανίζεται ΗΕΔ σ' αυτό.
β. θα περάσει ρεύμα του οποίου η φορά καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού
γ. εμφανίζεται ΗΕΔ όχι όμως μεταβολή ροής
δ. δεν θα περάσει ρεύμα, διότι το κύκλωμα είναι ανοικτό.



16. Ο κανόνας του Lenz είναι συνέπεια:
 α. της αρχής διατήρησης της ενέργειας
 β. του νόμου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής
 γ. του θεωρήματος διατήρησης της μηχανικής ενέργειας
 δ. της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

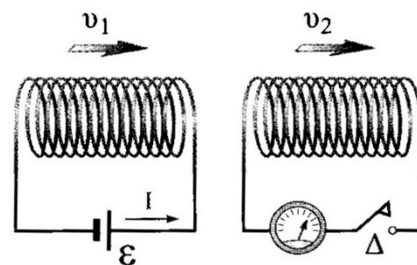
17. Δύο δακτυλίδια εκ των οποίων το ένα είναι κομμένο, είναι κρεμασμένα με νήματα όπως φαίνεται στην εικόνα. Κάθετα στο επίπεδό τους πλησιάζουν δύο μαγνήτες. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι λανθασμένη;



- α. Και στα δύο δακτυλίδια αναπτύσσεται τάση από επαγωγή.
 β. Και τα δύο δακτυλίδια απωθούνται από τον μαγνήτη.
 γ. Το δακτυλίδι Δ_1 απωθείται, ενώ το δακτυλίδι Δ_2 δεν έλκεται και δεν απωθείται.
 δ. Από το δακτυλίδι Δ_2 δεν περνάει επαγωγικό φορτίο.

77

18. Το αμπερόμετρο στο κύκλωμα του διπλανού σχήματος διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα όταν:

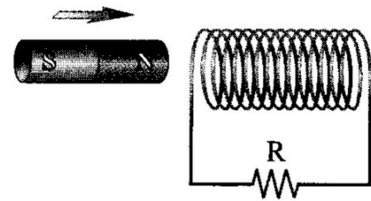


- α. $v_1 = v_2$ και ο διακόπτης Δ είναι κλειστός
 β. $v_1 = v_2$ και ο διακόπτης Δ είναι ανοικτός
 γ. $v_1 \neq v_2$ και ο διακόπτης Δ είναι κλειστός
 δ. $v_1 \neq v_2$ και ο διακόπτης Δ είναι ανοικτός.

19. Ένα κυλινδρικό πλαίσιο εμβαδού S και αντίστασης R σε χρόνο Δt εισέρχεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές. Το ηλεκτρικό φορτίο Q που αναπτύχθηκε από επαγωγή υπολογίζεται από τη σχέση:

α. $Q = \frac{BS}{R}$ β. $Q = BSR$ γ. $Q = \frac{BS}{R \cdot \Delta t}$ δ. $Q = \frac{BSR}{\Delta t}$

20. Ο μαγνήτης του σχήματος κινείται προς το σταθερό πηνίο με σταθερή ταχύτητα. Η ενέργεια που προσφέρουμε στο μαγνήτη μετατρέπεται:

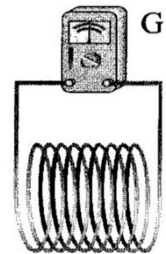


- όλη σε κινητική ενέργεια του μαγνήτη
- όλη σε θερμική ενέργεια στην αντίσταση R του κυκλώματος
- σε θερμική ενέργεια στην αντίσταση R και σε κινητική ενέργεια του μαγνήτη
- τίποτα από τα παραπάνω.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΩΣΤΟ – ΛΑΘΟΣ

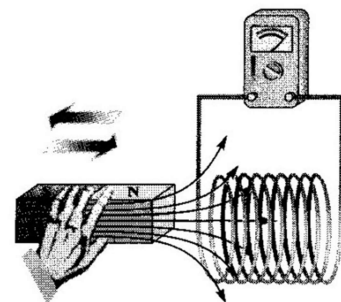
Στις επόμενες ερωτήσεις κάθε πρόταση να χαρακτηριστεί σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ).

21. Συνδέουμε τα άκρα ενός πηνίου με τα άκρα ενός γαλβανόμετρου. Ο δείκτης του γαλβανόμετρου εκτρέπεται από τη θέση ισορροπίας του. Η εκτροπή αυτή μπορεί να οφείλεται στις ακόλουθες αιτίες.



- Κοντά στο πηνίο υπάρχει ισχυρός μαγνήτης ο οποίος είναι ακίνητος ως προς το πηνίο.
- Ένας μαθητής μετακίνησε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη και τον τοποθέτησε μέσα στο πηνίο.
- Μέσα στο πηνίο υπάρχει ένας πυρήνας από σίδηρο.
- Δίπλα στο πηνίο υπάρχει ένα άλλο πηνίο που έχει τον ίδιο άξονα με αυτό και διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης.
- Δίπλα στο πηνίο υπάρχει ένα άλλο πηνίο που έχει τον ίδιο άξονα με αυτό και διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης αλλά ένας μαθητής διέκοψε τη ροή του ρεύματος ανοίγοντας το διακόπτη.

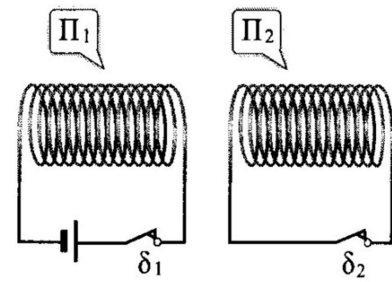
22. Συνδέουμε τα άκρα ενός πηνίου με ένα γαλβανόμετρο. Προσανατολίζουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη πάνω στον άξονα του πηνίου με το βόρειο πόλο του προς αυτό. Πλησιάζουμε το μαγνήτη προς το πηνίο και στη συνέχεια τον απομακρύνουμε απ' αυτό.



- Ο δείκτης του γαλβανόμετρου αποκλίνει πάντοτε προς την ίδια πλευρά, είτε απομακρύνουμε είτε πλησιάζουμε το μαγνήτη στο πηνίο.
- Η απόκλιση του δείκτη είναι πάντα μεγαλύτερη όταν πλησιάζουμε παρά όταν απομακρύνουμε το μαγνήτη στο πηνίο.

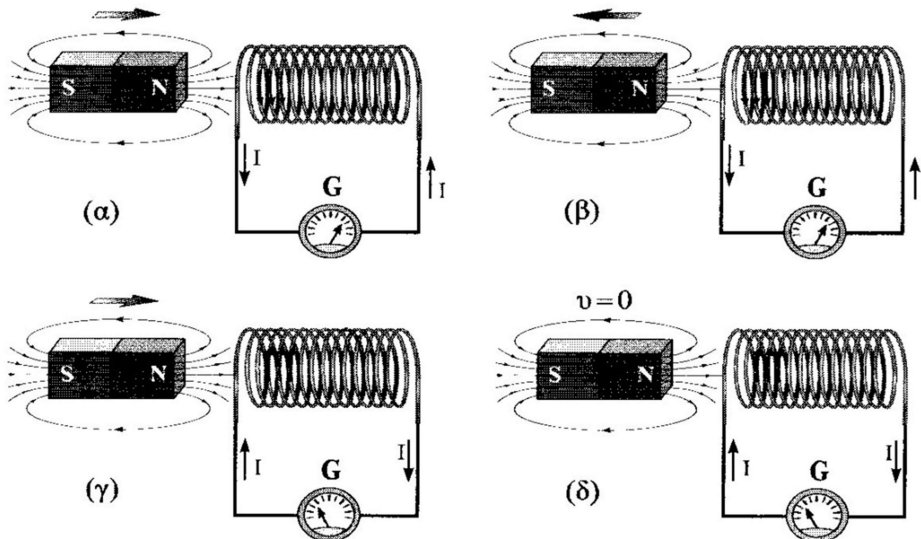
- γ. Η απόκλιση του δείκτη είναι τόσο μεγαλύτερη όσο ταχύτερα κινείται ο μαγνήτης σε σχέση με το πηνίο.
- δ. Ένα μέρος της κινητικής ενέργειας του μαγνήτη μετατρέπεται σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πηνίο και το γαλβανόμετρο.
- ε. Αν αντιστρέψουμε τον προσανατολισμό του μαγνήτη και τον μετακινήσουμε πάλι προς το πηνίο, θα παρατηρήσουμε ότι ο δείκτης εκτρέπεται πάλι προς την ίδια κατεύθυνση.
- ζ. Ο δείκτης εκτρέπεται προς την ίδια κατεύθυνση, είτε πλησιάζουμε το μαγνήτη προς το πηνίο, είτε το πηνίο προς το μαγνήτη.
23. Στα άκρα ενός πλαισίου εμφανίζεται επαγωγική τάση όταν:
- α. Στο εσωτερικό του πλαισίου μεταβάλλεται η μαγνητική ροή
 - β. Το πλαίσιο είναι ακίνητο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο
 - γ. Το πλαίσιο βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο και περιστρέφεται γύρω από άξονα κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.
 - δ. Το πλαίσιο κινείται παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.
24. Για την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται σ' ένα πηνίο γνωρίζουμε ότι η επαγωγική τάση:
- α. εμφανίζεται για όσο χρόνο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή
 - β. είναι ανάλογη του αριθμού των σπειρών του πηνίου
 - γ. είναι ανάλογη της μεταβολής της ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του
 - δ. είναι αντιστρόφως ανάλογη του χρόνου στον οποίο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή μέσα από κάθε σπείρα του
 - ε. εμφανίζεται στο πηνίο έστω και αν αυτό είναι ανοικτό
 - ζ. είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής που διέρχεται από κάθε σπείρα του
25. Ένας μαγνήτης βρίσκεται κοντά σε πηνίο. Η ΗΕΔ από επαγωγή δημιουργείται όταν ο μαγνήτης:
- α. πλησιάζει
 - β. απομακρύνεται
 - γ. περιστρέφεται
 - δ. παραμένει ακίνητος.
26. Όταν ένα πηνίο πλησιάζει ένα ακίνητο μαγνήτη, η επαγόμενη τάση στις άκρες του πηνίου:
- α. αυξάνεται αν το πηνίο κινηθεί πιο γρήγορα προς το μαγνήτη
 - β. μειώνεται αν αυξηθούν οι σπείρες του πηνίου
 - γ. αυξάνεται αν ο μαγνήτης αντικατασταθεί με άλλον λιγότερο ισχυρό
 - δ. μειώνεται αν μειωθούν οι σπείρες του πηνίου.

27. Τα πηνία του σχήματος βρίσκονται πολύ κοντά με τους διακόπτες κλειστούς. Το φαινόμενο της επαγωγής στο πηνίο Π_2 θα εμφανιστεί όταν:

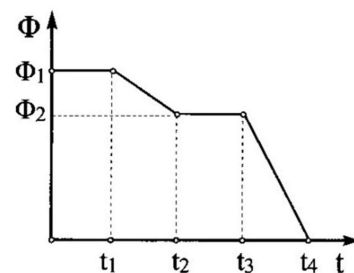


- α. ανοίξουμε το διακόπτη δ_1
- β. ανοίξουμε το διακόπτη δ_2
- γ. ανοίξουμε ταυτόχρονα και τους δύο διακόπτες
- δ. στρέψουμε το πηνίο Π_1
- ε. στρέψουμε το πηνίο Π_2
- ζ. απομακρύνουμε το πηνίο Π_2 .

28. Σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις είναι σωστή η φορά του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο;

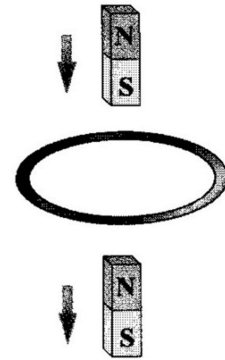


29. Μέσα από ένα κλειστό μεταλλικό πλαίσιο η μαγνητική ροή μεταβάλλεται όπως δείχνει το διάγραμμα.



- α. Στο χρονικό διάστημα t_1-t_2 το πλαίσιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
- β. Στο χρονικό διάστημα t_2-t_3 το πλαίσιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
- γ. Στο χρονικό διάστημα t_3-t_4 η θερμική ισχύς στο πλαίσιο είναι μεγαλύτερη από τη θερμική ισχύ στο χρονικό διάστημα t_1-t_2
- δ. Το μέτρο της ΗΕΔ είναι μεγαλύτερο στο χρονικό διάστημα t_3-t_4 από αυτό στο χρονικό διάστημα t_1-t_2 .

30. Πάνω από το κέντρο ενός οριζόντιου μεταλλικού δακτυλιδιού αφήνεται ένας ραβδόμορφος μαγνήτης. Αν η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα:
- η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του μαγνήτη μετατρέπεται όλη σε κινητική
 - η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του μαγνήτη μετατρέπεται σε κινητική και θερμότητα Q πάνω στο δακτυλίδι
 - ο μαγνήτης κινείται με σταθερή επιτάχυνση
 - όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται από το δακτυλίδι, δέχεται απ' αυτόν ελκτική δύναμη
 - η φορά του επαγωγικού ρεύματος στο δακτυλίδι είναι σταθερή.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ

31. Να αντιστοιχίσετε τα φυσικά μεγέθη της στήλης Α με τις μονάδες της στήλης Β.

Στήλη Α	Στήλη Β
α. Μαγνητική ροή	1. T
β. Ένταση μαγνητικού πεδίου	2. Wb
γ. Ηλεκτρεγερτική δύναμη	3. V
δ. Ρυθμός μεταβολής ροής	4. J

81

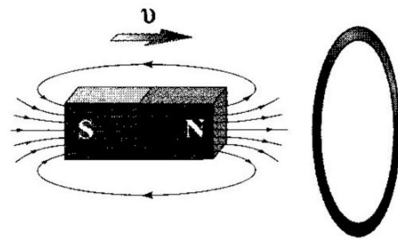
Β. Ερωτήσεις κατανόησης (θέμα 2^ο)

32. Ένα συμμάτινο πλαίσιο τοποθετείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Το πλαίσιο περιστρέφεται, ώστε να γίνει παράλληλο με τις δυναμικές γραμμές. Η επαγωγική τάση που αναπτύσσεται στο πλαίσιο είναι μεγαλύτερη (κατ' απόλυτη τιμή) όταν η περιστροφή γίνεται:
- γρήγορα
 - αργά
- Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

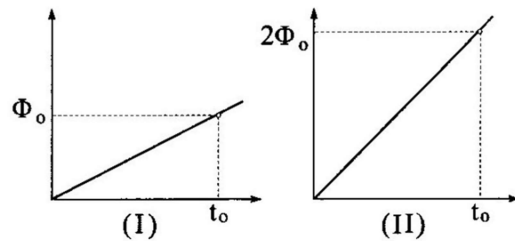
33. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του σχήματος πλησιάζει στο μεταλλικό δακτύλιο.

α. Να σχεδιάσετε τη φορά του ρεύματος που διαρρέει το δακτύλιο.

β. Ένας μαθητής ισχυρίζεται ότι ο μαγνήτης δέχεται απωστική δύναμη. Συμφωνείτε με αυτή την άποψη; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



34. Σε δύο διαφορετικά πειράματα, όπου χρησιμοποιείται το ίδιο αγώγιμο πλαίσιο, η μαγνητική ροή Φ που διέρχεται από το πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο t , παρουσιάζεται αντίστοιχα με τα δύο διαγράμματα. Σε ποια περίπτωση η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο έχει μεγαλύτερη τιμή;



α. Στο διάγραμμα I
β. Στο διάγραμμα II.

α. Στο διάγραμμα I

β. Στο διάγραμμα II.

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

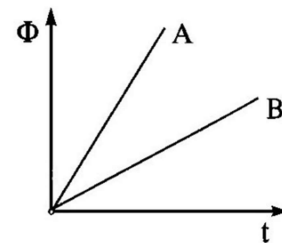
82

35. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από δύο όμοια συρμάτινα πλαίσια A και B μεταβάλλεται όπως στο σχήμα. Για τα μέτρα των ΗΕΔ \mathcal{E}_A και \mathcal{E}_B ισχύει:

α. $\mathcal{E}_A > \mathcal{E}_B$

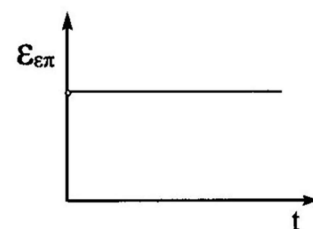
β. $\mathcal{E}_A = \mathcal{E}_B$

γ. $\mathcal{E}_A < \mathcal{E}_B$.



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

36. Στο διάγραμμα $\mathcal{E} = f(t)$ του σχήματος, παρουσιάζεται η ΗΕΔ που δημιουργείται από επαγωγή σ' ένα πλαίσιο. Το εμβαδόν της επιφάνειας που περικλείεται ανάμεσα στη γραμμή του διαγράμματος και του άξονα του χρόνου εκφράζει



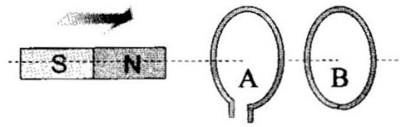
α. τη μεταβολή της μαγνητική ροής που διέρχεται από το πλαίσιο

β. τη μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο

γ. τη μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο οποίο βρίσκεται το πλαίσιο.

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

37. Οι κυκλικοί δακτύλιοι A και B του σχήματος θεωρούνται ακλόνητοι στο χώρο και τα επίπεδά τους είναι παράλληλα. Ο δακτύλιος A είναι ανοικτός, ενώ ο δακτύλιος B είναι κλειστός. Ένας ραβδόμορφος μαγνήτης πλησιάζει τους δακτυλίους, έτσι ώστε ο άξονάς του να παραμένει κάθετος στα επίπεδα των δακτυλίων.



A. Επαγωγική τάση αναπτύσσεται:

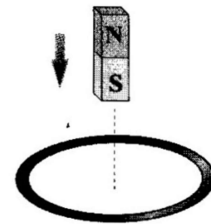
- α. στον A
- β. στον B
- γ. και στους δύο.

B. Επαγωγικό ρεύμα διαρρέει:

- α. τον A
- β. τον B
- γ. και τους δύο.

Να επιλέξετε σε κάθε περίπτωση τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

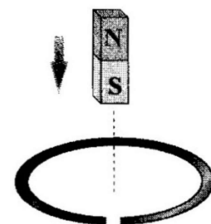
38. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του σχήματος αφήνεται να πέσει κατακόρυφα, οπότε περνά από το κέντρο του δακτυλιδιού το οποίο βρίσκεται ακλόνητο σε οριζόντια θέση. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.



- α. Η κίνηση του μαγνήτη είναι ελεύθερη πτώση.
- β. Μετά το πέρασμα του μαγνήτη μέσα από το δακτυλίδι, αυτό θερμάνθηκε.
- γ. Η μείωση της δυναμικής βαρυτικής ενέργειας του μαγνήτη μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε θερμότητα στο δακτυλίδι.

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

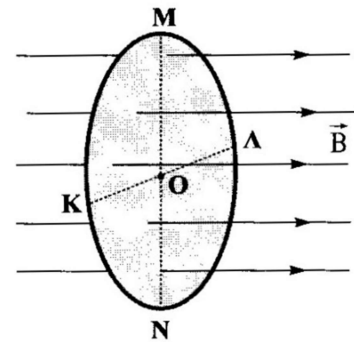
39. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του σχήματος αφήνεται να πέσει κατακόρυφα, οπότε περνά από το κέντρο του δακτυλιδιού το οποίο είναι κομμένο και βρίσκεται ακλόνητο σε οριζόντια θέση. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.



- α. Η κίνηση του μαγνήτη είναι ελεύθερη πτώση.
- β. Μετά το πέρασμα του μαγνήτη μέσα από το δακτυλίδι, αυτό θερμάνθηκε.
- γ. Η μείωση της δυναμικής βαρυτικής ενέργειας του μαγνήτη μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε θερμότητα στο δακτυλίδι.

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

40. Το κυκλικό πλῆαισιο του διπλανού σχήματος έχει την επιφάνειά του κάθετη στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου B .



1. Στρέφουμε το πλῆαισιο κατά 90° μέσα σε χρόνο Δt γύρω από τη διάμετρο ΚΛ.
2. Στρέφουμε το πλῆαισιο κατά 90° μέσα σε χρόνο $2\Delta t$ γύρω από τη διάμετρο ΚΛ.
3. Στρέφουμε το πλῆαισιο κατά 90° μέσα σε χρόνο Δt γύρω από τη διάμετρο ΜΝ.
4. Στρέφουμε το πλῆαισιο κατά 90° μέσα σε χρόνο $2\Delta t$ γύρω από τη διάμετρο ΜΝ.

A. Αν $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ και ε_4 είναι αντίστοιχα οι επαγωγικές τάσεις που αναπτύσσονται στο πλῆαισιο σε κάθε περίπτωση, τότε:

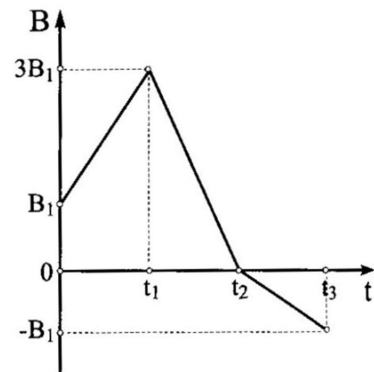
α. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ β. $2\varepsilon_3 = \varepsilon_4$ γ. $\varepsilon_1 = \varepsilon_3$.

B. Αν Q_1, Q_2, Q_3 και Q_4 είναι αντίστοιχα τα επαγωγικά φορτία που διέρχονται από μια διατομή του πλῆαισιου σε κάθε περίπτωση, τότε:

α. $Q_2 = 2Q_1$ β. $Q_3 = Q_4$ γ. $Q_1 = 2Q_3$.

Να επιλέξετε σε κάθε περίπτωση τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

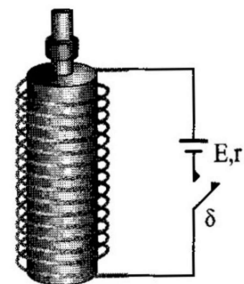
41. Ένα κλειστό πλῆαισιο βρίσκεται με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές μαγνητικού πεδίου του οποίου η ένταση μεταβάλλεται όπως στο σχήμα. Μεγαλύτερη θερμική ισχύς αναπτύσσεται στο πλῆαισιο, τη χρονική διάρκεια από



- α. $0-t_1$ β. t_1-t_2 γ. t_2-t_3 .

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

42. Όταν κλείσουμε το διακόπτη στο κύκλωμα του σχήματος, ο ελαφρύς μεταλλικός δακτύλιος



- α. θα πεταχθεί προς τα πάνω και θα ισορροπήσει σε μια νέα θέση ψηλότερα
- β. θα πεταχθεί προς τα πάνω και θα επανέλθει
- γ. θα παραμείνει ακίνητος.

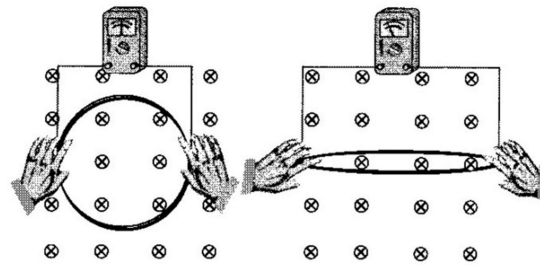
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Γ. Ασκήσεις (θέμα 3^ο)

43. Από το εσωτερικό ενός πηνίου με $N=80$ σπείρες διέρχεται μαγνητική ροή $\Phi_1=20 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$. Αν σε χρόνο $\Delta t=0,2 \text{ s}$ η μαγνητική ροή αυξηθεί και γίνει $\Phi_2=60 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$, να βρείτε τη μέση ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πηλαίο.
44. Ένας κυκλικός αγωγός βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου έντασης μέτρου $B=0,2 \text{ T}$. Αν η επιφάνεια του αγωγού μεταβάλλεται με ρυθμό $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$, να βρείτε την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πηλαίο.
45. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τις σπείρες ενός πηνίου είναι $\Phi_1=2 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$. Τη χρονική στιγμή $t=0$ η μαγνητική ροή αρχίζει να ελαττώνεται με σταθερό ρυθμό και τη χρονική στιγμή $t=0,2 \text{ s}$ μηδενίζεται. Κατά τη διάρκεια της μεταβολής της μαγνητικής ροής, η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου είναι 100 V . Να βρεθεί ο αριθμός των σπειρών του πηνίου.
46. Μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=1 \text{ T}$ βρίσκεται ένα πηνίο που αποτελείται από $N=15$ σπείρες διαμέτρου $\delta=20 \text{ cm}$ η καθεμία. Το επίπεδο των σπειρών του πηνίου είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Αν ελαττώσουμε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο μισό της αρχικής τιμής σε χρόνο $\Delta t=0,1 \text{ s}$, να υπολογιστεί η ΗΕΔ από επαγωγή που εμφανίζεται στο πηλαίο.
47. Ένα συρμάτινο πηλαίο μιας σπείρας έχει αντίσταση 2Ω . Να βρείτε:
- με ποιο ρυθμό πρέπει να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πηλαίο, ώστε η επαγωγική ΗΕΔ που αναπτύσσεται σ' αυτό να είναι $0,02 \text{ V}$.
 - την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηλαίο αν ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής μέσα απ' αυτό είναι $0,04 \text{ Wb/s}$
 - το ρυθμό παραγωγής θερμότητας στο πηλαίο αν ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής μέσα απ' αυτό είναι $0,04 \text{ Wb/s}$.

48. Ένα κυκλικό πλαίσιο με $N=200$ σπείρες ακτίνας $r=10\text{cm}$ βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=0,2\text{T}$ με τον άξονά του παράλληλο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Να υπολογίσετε το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) που αναπτύσσεται στο πλαίσιο αν σε χρόνο $\Delta t=0,1\text{s}$:
- το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου διπλασιάζεται.
 - το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου μηδενίζεται.
 - οι δυναμικές γραμμές αλλιάζουν φορά.
 - το πλαίσιο στρέφεται κατά $\varphi=90^\circ$ ώστε ο άξονάς του να γίνει κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.
 - το πλαίσιο στρέφεται κατά $\varphi=180^\circ$ ώστε ο άξονάς του να γίνει πάλι παράλληλος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

49. Ένα κυκλικό πλαίσιο εμβαδού $S=80\text{cm}^2$ αποτελείται από $N=50$ σπείρες και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδο των σπειρών του να είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου έντασης μέτρου $B=2\text{T}$. Με τα δύο δάκτυλά μας τραβάμε προς τα έξω τις σπείρες έτσι, ώστε σε χρόνο $\Delta t=0,4\text{s}$ τα σύρματα να ενωθούν. Να υπολογίσετε την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.



50. Ένα πηνίο 1200 σπειρών έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση. Τα άκρα του πηνίου συνδέονται με λαμπτήρα, του οποίου τα χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας είναι $(12\text{V}-60\text{W})$. Να βρείτε:
- με ποιο ρυθμό πρέπει να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου, ώστε ο λαμπτήρας να λειτουργεί κανονικά.
 - πόσο φορτίο διέρχεται από μια διατομή του σύρματος του πηνίου εντός 30 min.
51. Ένα κυκλικό πλαίσιο με εμβαδό $S=20\text{cm}^2$ έχει ωμική αντίσταση $R_1=4\Omega$. Τα άκρα του πλαισίου συνδέονται με λαμπτήρα που αναγράφει τα στοιχεία $12\text{V}-36\text{W}$. Το πλαίσιο είναι τοποθετημένο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=0,2\text{T}$ με τον άξονά του παράλληλο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Μέσα σε χρόνο $\Delta t=0,1\text{s}$ εισάγουμε στο πλαίσιο έναν πυρήνα από μαλακό σίδηρο με μαγνητική διαπερατότητα $\mu=2001$.
- Να υπολογίσετε την ΗΕΔ που αναπτύσσεται από επαγωγή στο πλαίσιο.
 - Να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
 - Να εξετάσετε αν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά.

52. Ένα σωληνοειδές με αριθμό σπειρών ανά μονάδα μήκους $n=10$ σπ/cm διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=0,25$ A. Γύρω από το σωληνοειδές είναι τυλιγμένο ένα κυκλικό πηνίο με $N=2$ σπείρες που το εμβαδόν κάθε σπείρας είναι $S=6\text{cm}^2$ ενώ το σωληνοειδές και το πηνίο έχουν κοινό άξονα. Το ρεύμα του σωληνοειδούς διακόπτεται σε χρόνο $\Delta t=0,05$ s. Να βρεθεί η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο κυκλικό πλαίσιο.

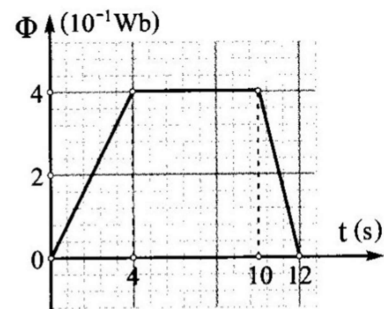
53. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα συμμάτινο πλαίσιο δίνεται από τη σχέση

$$\Phi=2t \quad (\text{S.I.})$$

- α. Να παρασταθεί γραφικά η συνάρτηση για χρονικό διάστημα 0-2s.
- β. Να υπολογιστεί η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.
- γ. Ποια είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο αν η αντίστασή του είναι $R=10\Omega$;

54. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα κλειστό συμμάτινο πλαίσιο αντίστασης $R=0,4\Omega$, μεταβάλλεται με το χρόνο όπως φαίνεται στο διάγραμμα του διπλανού σχήματος. Να παρασταθούν γραφικά σε συνάρτηση με το χρόνο:

- α. η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο
- β. η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.



55. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα κλειστό συμμάτινο πλαίσιο που αποτελείται από $N=100$ σπείρες, μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση:

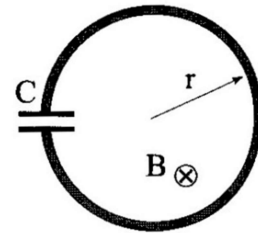
$$\Phi=0,4-t \quad (\text{S.I.})$$

Για το χρονικό διάστημα από τη χρονική στιγμή $t=0$ μέχρι τη χρονική στιγμή που η μαγνητική ροή μηδενίζεται:

- α. να σχεδιάσετε το διάγραμμα $\Phi=(t)$
- β. να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή
- γ. να βρείτε το φορτίο Q που διέρχεται από μια διατομή του πλαισίου αν η αντίστασή του είναι $R=10\Omega$.

56. Ένα πηνίο ολικής αντίστασης $R_{\pi}=30\Omega$ που αποτελείται από $N=200$ σπείρες εμβαδού $S=400\text{cm}^2$ η κάθε μια, τοποθετείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B με τις σπείρες κάθετες στις δυναμικές γραμμές. Σε σειρά με το πηνίο έχουμε συνδέσει γαλβανόμετρο αντίστασης $R_G=470\Omega$. Όταν απομακρύνουμε απότομα το πηνίο από το μαγνητικό πεδίο, διαβάζουμε ένδειξη $Q=10^{-3}$ C στο γαλβανόμετρο. Ποιο είναι το μέτρο της έντασης B του μαγνητικού πεδίου;

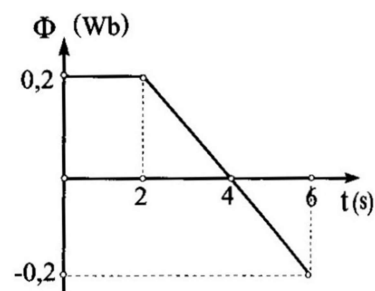
57. Ένας συμμάτινος δακτύλιος ακτίνας $r=10\text{cm}$ συνδέεται στα άκρα του με πυκνωτή χωρητικότητας $C=1\mu\text{F}$. Το επίπεδο του δακτύλιου είναι κάθετο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=0,2\text{T}$. Να βρεθεί το φορτίο που θα αποκτήσει ο πυκνωτής αν σε χρόνο $\Delta t=\pi\text{ms}$ ο δακτύλιος περιστραφεί ώστε το επίπεδό του να γίνει παράλληλο με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου.



Δ. Προβλήματα (θέμα 4^ο)

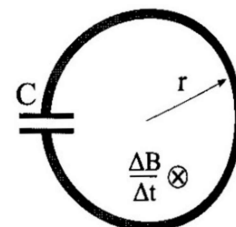
58. Ένα πλαίσιο έχει $N=10$ σπείρες εμβαδού $S=10\text{cm}^2$ η κάθε μια. Το επίπεδο των σπειρών του πλαισίου είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου, έντασης $B_0=2\text{T}$. Η τιμή της έντασης του πεδίου αρχίζει να ελαττώνεται με σταθερό ρυθμό και σε χρόνο $\Delta t=0,02\text{s}$ γίνεται ίση με 1T . Να υπολογιστεί η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.

59. Ένα τετράγωνο πλαίσιο που έχει αντίσταση $R=2\Omega$ βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο κάθετα στις δυναμικές του γραμμές. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο μεταβάλλεται με το χρόνο όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος:



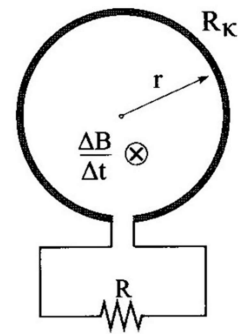
- α. Να βρείτε την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο στα χρονικά διαστήματα από $0-2\text{s}$ και από $2\text{s}-6\text{s}$.
β. Να σχεδιάσετε το διάγραμμα του επαγωγικού ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο σε βαθμοποιημένους άξονες.

60. Ένας συμμάτινος δακτύλιος ακτίνας $r=10\text{cm}$ συνδέεται στα άκρα του με πυκνωτή χωρητικότητας $C=1\mu\text{F}$. Το επίπεδο του δακτύλιου είναι κάθετο σε μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση μεταβάλλεται με ρυθμό $0,2\text{T/s}$. Να βρείτε:
α. το φορτίο του πυκνωτή
β. την ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στον πυκνωτή.
Δίνεται $\pi^2=10$.

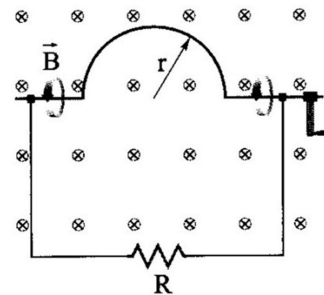


61. Ένας κυκλικός αγωγός εμβαδού $S=0,2\text{m}^2$ έχει αντίσταση $R=4\Omega$ και τα άκρα του συνδέονται με γαλβανόμετρο αντίστασης $R_1=1\Omega$. Το πλαίσιο βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Όταν η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβληθεί σε χρόνο Δt από $B_0=1\text{T}$ σε $B=6\text{T}$, η μέση ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού είναι 10V . Να βρείτε:
- το χρόνο Δt που διαρκεί η μεταβολή του B
 - την ένταση του ρεύματος I που διαρρέει το πλαίσιο κατά τη διάρκεια της μεταβολής του B
 - το φορτίο Q που θα διέλθει από το γαλβανόμετρο κατά τη διάρκεια του φαινομένου.

62. Ο κυκλικός αγωγός του σχήματος έχει αντίσταση $R_{\kappa}=2\Omega$ και εμβαδόν $S=100\text{cm}^2$. Ο αγωγός είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές μαγνητικού πεδίου του οποίου η ένταση μεταβάλλεται με ρυθμό $0,2\text{T/s}$.
- Να προσδιορίσετε την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό αν η αντίσταση που συνδέεται στα άκρα του κυκλικού αγωγού είναι $R=18\Omega$.
 - Να βρείτε τη θερμική ισχύ που αναπτύσσεται στο κύκλωμα.



63. Το ημικύκλιο του σχήματος έχει ακτίνα $r=0,4\text{m}$, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι $B=2\text{T}$ και η αντίσταση $R=2\Omega$. Αν η περίοδος περιστροφής του ημικυκλίου είναι $T=0,4\pi\text{s}$ και εκτελέσουμε σ' αυτό μισή περιστροφή, να βρείτε:



- τη μεταβολή της μαγνητικής ροής του πλαισίου.
- τη μέση $E_{επ}$ που θα εμφανιστεί κατά την περιστροφή στα άκρα του πλαισίου.
- το φορτίο Q που θα διέλθει από μία διατομή του αγωγού κατά την περιστροφή.

ΓΡΑΠΤΗ ΕΞΕΤΑΣΗ 3 (Διάρκεια 3 ώρες)

Θέμα 1^ο

Στις ερωτήσεις 1-4 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Μια επιφάνεια εμβαδού S τοποθετείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου μέτρου έντασης B . Η μαγνητική ροή Φ που διέρχεται από την επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

- α. $\Phi = BS \sin 90^\circ$
- β. $\Phi = BS \eta\mu 90^\circ$
- γ. $\Phi = BS \sin 0^\circ$
- δ. $\Phi = BS \eta\mu 0^\circ$.

Μονάδες 5

2. Μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο τοποθετείται μια επιφάνεια. Η μαγνητική ροή που περνά μέσα από αυτή είναι μηδέν όταν:

- α. η επιφάνεια σχηματίζει γωνία 90° με τις δυναμικές γραμμές
- β. η επιφάνεια σχηματίζει γωνία 30° με τις δυναμικές γραμμές
- γ. η επιφάνεια σχηματίζει γωνία 60° με τις δυναμικές γραμμές
- δ. η επιφάνεια είναι κλειστή.

Μονάδες 5

3. Ο νόμος της επαγωγής (νόμος του Faraday) εκφράζεται με τον τύπο $\mathcal{E} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} N$ και ισχύει:

- α. για οποιοδήποτε κύκλωμα, αρκεί να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται απ' αυτό
- β. για οποιοδήποτε κύκλωμα, αρκεί να μένει σταθερή η μαγνητική ροή που διέρχεται απ' αυτό
- γ. μόνο αν το κύκλωμα είναι ανοικτό
- δ. μόνο αν το κύκλωμα είναι κλειστό.

Μονάδες 5

4. Ο κανόνας του Lenz:

- α. είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης του φορτίου
- β. είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας
- γ. ορίζει ότι το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά ώστε το μαγνητικό πεδίο να μην αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε
- δ. καθορίζει το μέτρο της ΗΕΔ από επαγωγή.

Μονάδες 5

5. Το ηλεκτρικό φορτίο που μετατοπίζεται σε κύκλωμα για ορισμένη μεταβολή της ροής:

- α. εξαρτάται από το χρόνο που διαρκεί η μεταβολή αυτή
- β. είναι ανάλογο της μεταβολής της ροής
- γ. εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο έγινε η μεταβολή της ροής
- δ. δεν εξαρτάται από την τιμή της αντίστασης του κυκλώματος.

Μονάδες 5

Θέμα 2^ο

1. Μια επίπεδη επιφάνεια εμβαδού S είναι τοποθετημένη κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου B . Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις υποδιπλασιάζεται η ροή που διέρχεται από την επιφάνεια;
- i. όταν περιστρέψουμε την επιφάνεια ώστε να σχηματίσει γωνία 60° με τις δυναμικές γραμμές
 - ii. όταν περιστρέψουμε την επιφάνεια ώστε να σχηματίσει γωνία 30° με τις δυναμικές γραμμές.

Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

2. Ένας κυκλικός αγωγός έχει αντίσταση R . Εισάγουμε τον κυκλικό αγωγό δύο φορές κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου:

Η διάρκεια εισόδου την πρώτη φορά είναι Δt_1 και τη δεύτερη φορά Δt_2 όπου $\Delta t_1 > \Delta t_2$. Αν η ένταση του επαγωγικού ρεύματος και το φορτίο που αναπτύσσονται λόγω του φαινομένου της επαγωγής έχουν αντίστοιχα απόλυτες τιμές I_1, Q_1 και I_2, Q_2 τότε ισχύει:

- i. $I_1 = I_2$ και $Q_1 < Q_2$
- ii. $I_1 < I_2$ και $Q_1 = Q_2$
- iii. $I_1 > I_2$ και $Q_1 = Q_2$

Μονάδες 3

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

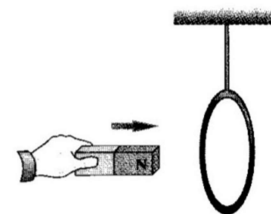
3. Ένα μεταλλικό δαχτυλίδι είναι κρεμασμένο με μονωτικό νήμα όπως φαίνεται στο σχήμα. Κάθετα στο επίπεδο του πλησιάζουμε απότομα ένα μαγνήτη. Τότε το δαχτυλίδι θα κινηθεί:

- i. προς τα δεξιά
- ii. προς τα αριστερά.

Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

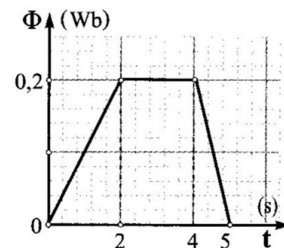
Μονάδες 6



Θέμα 3^ο

Ένα μεταλλικό δακτυλίδι που έχει αντίσταση $R = 10 \Omega$ τοποθετείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το δακτυλίδι μεταβάλλεται με το χρόνο όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος.

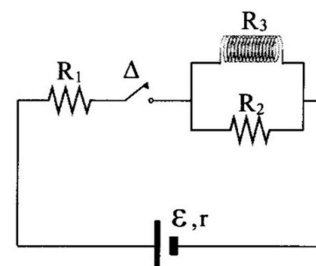


- a. Να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις σε συνάρτηση με το χρόνο:
 - i. της ΗΕΔ που αναπτύσσεται από επαγωγή στο πλαίσιο
 - ii. της έντασης του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το δακτυλίδι. Μονάδες 8
- β. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ που αναπτύσσεται στο δακτυλίδι το χρονικό διάστημα 4–5 s. Μονάδες 8
- γ. Να υπολογίσετε το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του δακτυλιδιού στο χρονικό διάστημα από 0 μέχρι 4s. Μονάδες 9

Θέμα 4^ο

Τα στοιχεία της πηγής του κυκλώματος είναι $\mathcal{E} = 30V$ και $r = 0$. Ο αντιστάτης R_1 έχει αντίσταση 5Ω ενώ ο αντιστάτης R_2 έχει αντίσταση $7,5 \Omega$. Το πηνίο έχει αντίσταση $R_3 = 15 \Omega$, μήκος $\ell = 40\pi \text{ cm}$ και αποτελείται από $N = 200$ σπείρες που καθεμία έχει εμβαδό $S = 20 \text{ cm}^2$.

Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς και κάθετα στον άξονά του βρίσκεται ένα δακτυλίδι εμβαδού $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ και αντίστασης $R = 0,2 \Omega$. Στο κύκλωμα και στον κλάδο που υπάρχει ο αντιστάτης R_1 βρίσκεται ένας διακόπτης.



- A. Κλείνουμε το διακόπτη στο κύκλωμα. Να βρείτε:
 - a. τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε κλάδο του κυκλώματος Μονάδες 5
 - β. την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς Μονάδες 5
 - γ. τη μαγνητική ροή που διέρχεται από μια σπείρα του σωληνοειδούς. Μονάδες 5
- B. Ανοίγουμε το διακόπτη στο κύκλωμα. Αν το ρεύμα που διαρρέει το σωληνοειδές μηδενίζεται σε χρόνο $\Delta t = 0,01s$, να βρείτε:
 - a. την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο δακτυλίδι. Μονάδες 5
 - β. Το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του δακτυλιδιού. Μονάδες 5

Κίνηση αγωγού σε μαγνητικό πεδίο

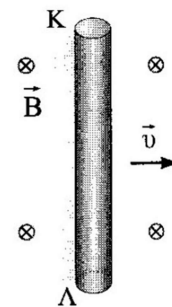
Θέματα για απάντηση

Α. Ερωτήσεις γνώσης (θέμα 1^ο)

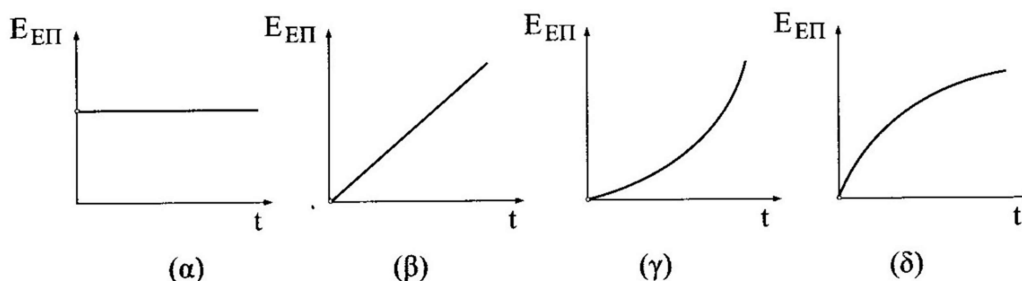
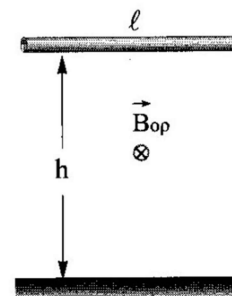
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Σε καθεμία από τις επόμενες ερωτήσεις, να διαλέξετε τη σωστή απάντηση

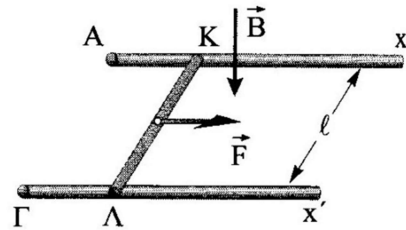
1. Στη διάταξη του σχήματος, ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} κάθετα στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης \vec{B} , οπότε
 - α. στα άκρα του αγωγού εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή $E_{ΕΠ} = BI\ell$
 - β. στον αγωγό εμφανίζεται δύναμη Laplace αντίρροπη της ταχύτητας \vec{v}
 - γ. ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης I με φορά από το Λ προς το Κ
 - δ. δεν εμφανίζεται στον αγωγό δύναμη Laplace.



2. Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός αφήνεται να πέσει από ύψος h σε περιοχή όπου επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Ο αγωγός παραμένει συνεχώς οριζόντιος και κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Αν η αντίσταση του αέρα θεωρηθεί αμελητέα, ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνει την $E_{ΕΠ}$ στα άκρα του αγωγού σε συνάρτηση με το χρόνο κίνησής του;

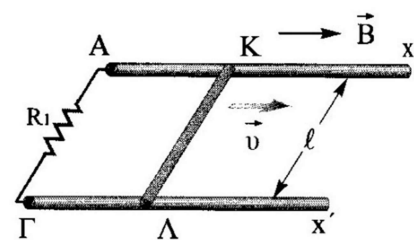


7. Στο διπλανό σχήμα, οι αγωγοί Ax , Γx' και η ράβδος ΚΛ είναι οριζόντιοι, ενώ το ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B είναι κατακόρυφο. Στη ράβδο ασκούμε σταθερή δύναμη \vec{F} . Αν δεν υπάρχουν τριβές, τότε:



- η ράβδος θα αποκτήσει οριακή ταχύτητα $v_{ορ}$ όταν $F_L = F$
- η δύναμη Laplace που αντιστέκεται στην κίνηση της ράβδου δίνεται από τη σχέση $F_L = BI\ell$
- η ράβδος εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση
- αν η ράβδος έχει αντίσταση R, τότε θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = Bv\ell/R$.

8. Στο διπλανό σχήμα ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} και έχει αντίσταση R, η δε ένταση του μαγνητικού πεδίου \vec{B} είναι παράλληλη στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί.



- Η ΗΕΔ από επαγωγή στα άκρα της ΚΛ είναι $E_{ΕΠ} = Bv\ell$.

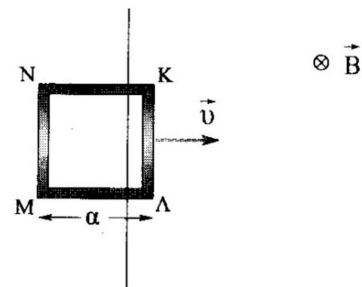
β. Στη ράβδο ασκείται δύναμη Laplace.

γ. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την R_1 είναι $I = \frac{E_{ΕΠ}}{R + R_1}$.

δ. Η ράβδος ΚΛ δε διαρρέεται από ρεύμα.

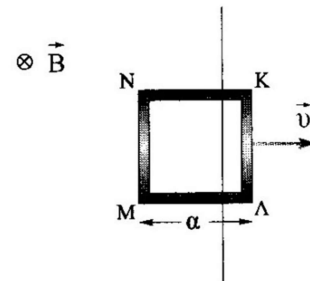
9. Κλειστό ορθογώνιο πλαίσιο κινείται με σταθερή ταχύτητα, έτσι ώστε το επίπεδό του να είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Στο παραπάνω πλαίσιο εμφανίζεται ρεύμα εξ' επαγωγής
- μόνο όσο διαρκεί η είσοδός του στο πεδίο
 - μόνο όσο διαρκεί η έξοδός του από το πεδίο
 - όσο κινείται παραμένοντας εξ' ολοκλήρου μέσα στο πεδίο
 - όσο διαρκεί η είσοδός του ή η έξοδός του από το πεδίο.

10. Το τετράγωνο συμμάτινο πλαίσιο ΝΚΛΜ πλευράς α εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} στην περιοχή όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B. Κάθε πλευρά του πλαισίου έχει αντίσταση R και το ρεύμα που επάγεται σ' αυτό είναι I. Κατά τη διάρκεια της εισόδου του πλαισίου στο πεδίο ισχύει:



- α. $V_{ΚΛ} = Bva$
- β. $V_{ΚΛ} = IR$
- γ. $V_{ΚΛ} = Bva - IR$
- δ. $V_{ΚΛ} = Bva + IR$.

11. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΝΚΛΜ εξέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} από την περιοχή όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B . Κατά τη διάρκεια εξόδου

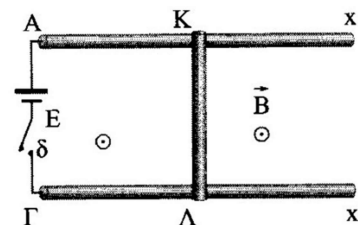


- α. ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο ελαττώνεται
- β. η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο ελαττώνεται
- γ. το ρεύμα στην πλευρά ΚΛ έχει συμβατική φορά από το Λ προς το Κ
- δ. η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο ελαττώνεται.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΩΣΤΟ – ΛΑΘΟΣ

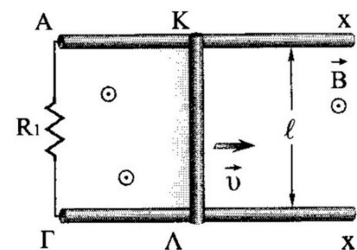
Στις επόμενες ερωτήσεις κάθε πρόταση να χαρακτηριστεί σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ).

12. Τα σύρματα στη διπλανή διάταξη έχουν μεγάλο μήκος και ενώνονται στα άκρα τους Α και Γ με πηγή και διακόπτη δ. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη δ.



- α. Ο αγωγός ΚΛ θα κινηθεί προς τα δεξιά.
- β. Ο αγωγός ΚΛ θα αποκτήσει οριακή ταχύτητα.
- γ. Θα έχουμε περίσσεια ηλεκτρονίων στο άκρο Κ.
- δ. Η κίνηση του αγωγού είναι ομαλή επιταχυνόμενη.

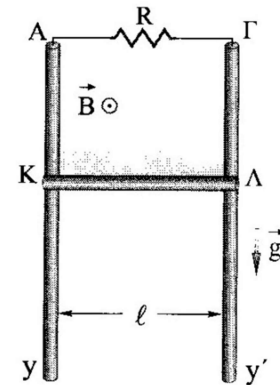
13. Στη διπλανή διάταξη, οι οριζόντιοι και παράλληλοι αγωγοί Αx, Γx' απέχουν μεταξύ τους l , ενώ τα άκρα τους Α, Γ ενώνονται μέσω της αντίστασης R. Ο αγωγός ΚΛ αντίστασης R κινείται ολισθαίνοντας χωρίς τριβές πάνω στους παράλληλους αγωγούς με σταθερή ταχύτητα \vec{v} .



- α. Στα άκρα του αγωγού ΚΛ εμφανίζεται $E_{ΕΠ} = V_{ΚΛ} = Bvl$.

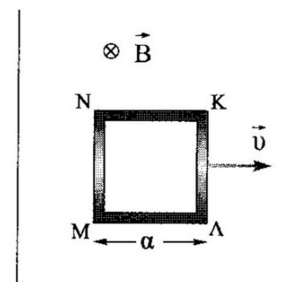
- β. Ο αγωγός ΚΛ διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Κ προς το Λ.
- γ. Στον αγωγό πρέπει να ασκούμε σταθερή εξωτερική δύναμη αντίθετη της δύναμης Laplace.
- δ. Η προσφερόμενη στον αγωγό ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική και σε θερμότητα Q λόγω του φαινομένου Joule.
- ε. Η προσφερόμενη στον αγωγό ενέργεια μετατρέπεται μόνο σε θερμότητα Q λόγω του φαινομένου Joule.

14. Στη διπλανή διάταξη, οι κατακόρυφοι και παράλληλοι αγωγοί Αγ, Γγ' απέχουν μεταξύ τους ℓ , ενώ τα άκρα τους Α, Γ ενώνονται μέσω της αντίστασης R. Το οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών. Αφήνουμε τον αγωγό ΚΛ ελεύθερο να ολισθήσει χωρίς τριβές.



- α. Ο αγωγός θα αποκτήσει οριακή ταχύτητα όταν η δύναμη Laplace γίνει ίση με το βάρος του.
- β. Στα άκρα του αγωγού ΚΛ εμφανίζεται επαγωγική τάση της οποίας η τιμή θα σταθεροποιηθεί μόλις ο αγωγός αποκτήσει σταθερή ταχύτητα.
- γ. Ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Κ προς το Λ.
- δ. Το έργο του βάρους κατά την πτώση του αγωγού μετατρέπεται μόνο σε θερμότητα Q .

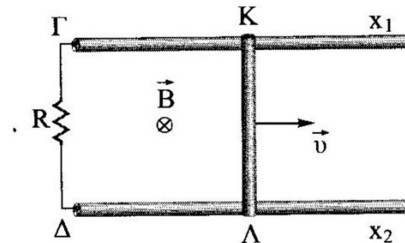
15. Το τετράγωνο συμμάτινο πλαίσιο πλευράς a κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} σε περιοχή όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές, όπως στο σχήμα.



- α. Η επαγόμενη ΗΕΔ στο πλαίσιο είναι ίση με μηδέν.
- β. Η διαφορά δυναμικού $V_{ΚΛ}$ είναι μηδέν.
- γ. Ο ρυθμός μεταβολής της ροής που διέρχεται από το πλαίσιο είναι σταθερός.
- δ. Στην πλευρά ΚΛ ασκείται δύναμη Laplace που είναι αντίρροπη της ταχύτητας του πλαισίου.

B. Ερωτήσεις κατανόησης (θέμα 2^ο)

16. Αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} χωρίς τριβές πάνω στους παράλληλους αγωγούς $\Gamma\chi_1$ και $\Delta\chi_2$ μένοντας διαρκώς κάθετος και σε επαφή με αυτούς. Τα άκρα Γ και Δ συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό ορισμένης ηλεκτρικής αντίστασης R . Η όλη διάταξη βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί και με φορά όπως φαίνεται στο σχήμα.



A. Η φορά του ρεύματος που θα διαρρέει το σύρμα $\Gamma\Delta$ είναι:

- α. από το Δ προς το Γ .
- β. από το Γ προς το Δ .

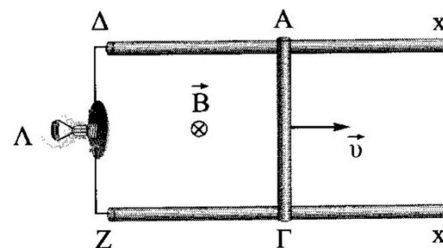
Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

B. Χρειάζεται να ασκείται εξωτερική δύναμη στον αγωγό ΚΛ, ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα;

- α. Ναι
- β. Όχι.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

17. Τα άκρα Δ και Z των παράλληλων αγωγών $\Delta\chi$ και $Z\chi'$ συνδέονται με τους ακροδέκτες του ηλεκτρικού λαμπτήρα (Λ), όπως φαίνεται στο σχήμα. Αγωγός ΑΓ μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους παράλληλους αγωγούς μένοντας διαρκώς κάθετος και σε επαφή μ' αυτούς.

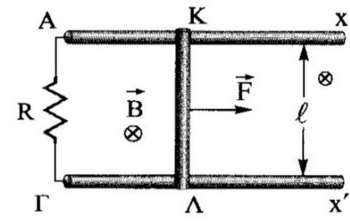


Η όλη διάταξη βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο που είναι κάθετο σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο.

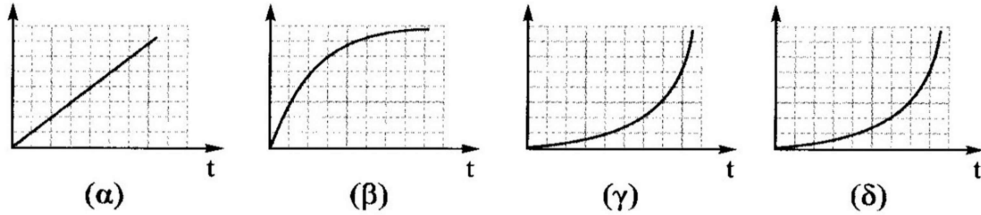
Ο αγωγός ΑΓ είναι αρχικά ακίνητος και ο λαμπτήρας δε φωτοβολεί. Κάποια στιγμή αναγκάζουμε τον αγωγό ΑΓ να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα και παρατηρούμε ότι ο λαμπτήρας φωτοβολεί.

Να ερμηνεύσετε το φαινόμενο.

18. Η ακίνητη ράβδος ΚΛ του σχήματος μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στους οριζόντιους και παράλληλους αγωγούς Αχ, Γχ' αμελητέας αντίστασης. Τη χρονική στιγμή $t=0$ ασκούμε στη ράβδο σταθερή δύναμη \vec{F} .

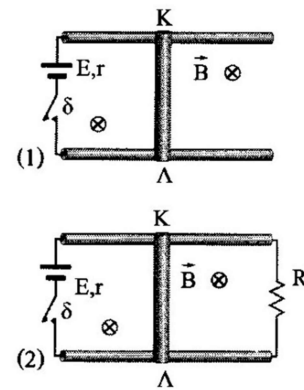


- A. Ποια από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις αντιστοιχεί στο διάγραμμα $v = f(t)$;
 B. Ποια από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις αντιστοιχεί στο διάγραμμα $F_L = f(t)$;



Να δικαιολογήσετε σε κάθε περίπτωση την απάντησή σας.

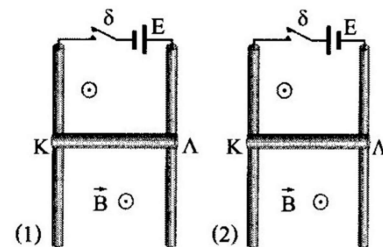
19. Στις διπλανές διατάξεις οι πηγές, το μαγνητικό πεδίο και οι ράβδοι (ΚΛ μηδενικής αντίστασης) έχουν ίδια χαρακτηριστικά. Και στις δύο περιπτώσεις οι ράβδοι είναι ακίνητες και τη χρονική στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη. Οι ράβδοι θα αποκτήσουν αντίστοιχα $v_{οq1}$ και $v_{οq2}$ όπου



- α. $v_{οq1} > v_{οq2}$
 β. $v_{οq1} < v_{οq2}$
 γ. $v_{οq1} = v_{οq2}$.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να τη δικαιολογήσετε.

20. Στη διπλανή διάταξη (1) η ράβδος ΚΛ είναι ακίνητη και τη χρονική στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη και την αφήνουμε ελεύθερη μέχρι να αποκτήσει την οριακή ταχύτητα $v_{οq1}$. Στη συνέχεια ακινητοποιούμε τη ράβδο ΚΛ, διάταξη (2) και αντιστρέφουμε τη πολικότητα της πηγής E. Τη χρονική στιγμή

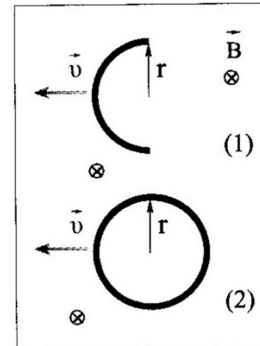


- $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη και αφήνουμε τη ράβδο ΚΛ ελεύθερη μέχρι να αποκτήσει την οριακή ταχύτητα $v_{οq2}$. Αν και στις δύο περιπτώσεις τη χρονική στιγμή $t=0$ το βάρος είναι μεγαλύτερο της F_L , τότε θα είναι:

- α. $v_{oq1} > v_{oq2}$ β. $v_{oq1} < v_{oq2}$ γ. $v_{oq1} = v_{oq2}$.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να τη δικαιολογήσετε.

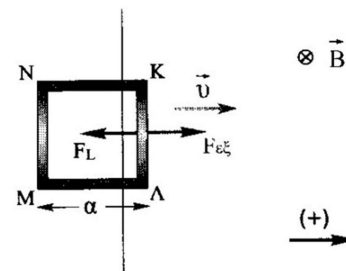
21. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η κίνηση ενός ημικυκλίου και ενός κύκλου ακτίνας r με ταχύτητα σταθερού μέτρου v κάθετα στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου B . Εστω E_1, E_2 η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται σ' αυτά αντίστοιχα.



- α. $E_1 > E_2$ β. $E_1 < E_2$ γ. $E_1 = E_2$
 δ. $E_1 = 2Bvr$ ε. $E_1 = Bv\pi r$ ζ. $E_2 = 2Bv\pi r$
 η. $E_1 = 0$ θ. $E_2 = 0$.

Να χαρακτηρίσετε καθεμία από τις παραπάνω σχέσεις με Σ (Σωστή) ή Λ (Λάθος).

22. Το συρμάτινο πλαίσιο ΚΛΜΝ εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} κάθετα στις δυναμικές του γραμμές. Αναφερόμαστε στη διάρκεια εισόδου του πλαισίου στο πεδίο. Να αντιστοιχίσετε τις συναρτήσεις της στήλης Α με τις σωστές γραφικές παραστάσεις της στήλης Β.



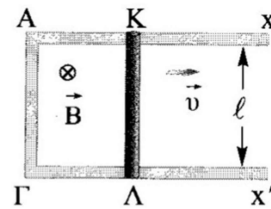
Στήλη Α
α. $\Phi = f(t)$
β. $F_{εξ} = f(t)$
γ. $F_L = f(t)$

Στήλη Β	
1.	2.
3.	4.
5.	6.

Γ. Ασκήσεις (θέμα 3^ο)

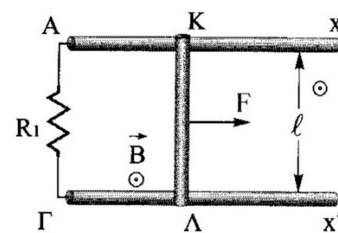
23. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους $\ell = 1\text{m}$ κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 2\text{m/s}$ μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 0,8\text{T}$. Η κίνηση γίνεται έτσι ώστε η ταχύτητα του αγωγού να σχηματίζει γωνία $\varphi = 30^\circ$ με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Δίνεται ακόμη ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου \vec{B} και η ταχύτητα \vec{v} είναι κάθετες στον αγωγό.
- Πόση είναι η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό;
 - Αν ο κινούμενος αγωγός έχει αντίσταση $R_1 = 0,5\Omega$ και συνδεθεί με εξωτερικό ως προς το μαγνητικό πεδίο αντιστάτη $R_2 = 1,5\Omega$, να βρείτε
 - την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
 - την τάση στα άκρα του εξωτερικού αντιστάτη.

24. Ο αγωγός $xAGx'$ βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο και έχει αμελητέα αντίσταση. Ο αγωγός KL έχει μήκος $\ell = 1\text{m}$, αντίσταση $R = 4\Omega$ και ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στον αγωγό $xAGx'$ με σταθερή ταχύτητα $v = 20\text{m/s}$. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B = 2\text{T}$. Να βρείτε:



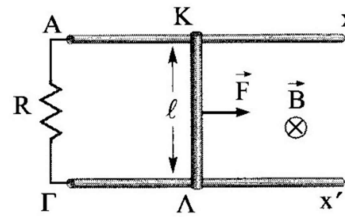
- την ΗΕΔ από επαγωγή στον αγωγό KL
- την ένταση του ρεύματος I που διαρρέει τον αγωγό KL
- την τάση V_{KL} στα άκρα του αγωγού KL
- τη δύναμη που πρέπει να ασκούμε στον αγωγό KL , ώστε να διατηρεί σταθερή την ταχύτητά του.

25. Στο διπλανό σχήμα, οι οριζόντιοι αγωγοί $Ax, \Gamma x'$ αμελητέας αντίστασης ενώνονται στα A, Γ μέσω της αντίστασης $R_1 = 4\Omega$. Η ακίνητη ράβδος KL μήκους $\ell = 1\text{m}$, έχει αντίσταση $R = 2\Omega$ και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους αγωγούς. Το μέτρο της έντασης



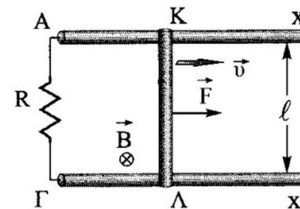
- του κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι $B = 1\text{T}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ ασκείται κάθετα στη ράβδο η οριζόντια σταθερή δύναμη $F = 10\text{N}$.
- Να σχεδιάσετε την πολικότητα της $E_{E\text{H}}$ και τη δύναμη Laplace που θα ασκηθεί στη ράβδο KL από το μαγνητικό πεδίο.
 - Να βρείτε την οριακή ταχύτητα (v_{op}) της ράβδου.
 - Να βρείτε την $E_{E\text{H}}$ όταν η ράβδος KL θα έχει ταχύτητα $v = v_{op}/2$.

26. Στο διπλανό σχήμα, ο αγωγός ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$ δεν έχει αντίσταση και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές στους παράλληλους αγωγούς Αx και Γx' κάθετα σε αυτούς και στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου έντασης $B=1\text{T}$. Τα σημεία Α και Γ ενώνονται με αντίσταση $R=10\Omega$. Στον αγωγό ασκείται δύναμη $F=2\text{N}$ σταθερού μέτρου που έχει διεύθυνση παράλληλη στους αγωγούς.



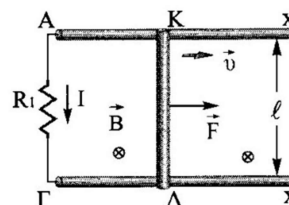
- Να εξετάσετε την κίνηση του αγωγού ΚΛ και να δικαιολογήσετε γιατί θα αποκτήσει οριακή ταχύτητα.
- Να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός ΚΛ.
- Να υπολογίσετε την αναπτυσσόμενη θερμότητα στην αντίσταση R, όταν ο αγωγός ΚΛ κινείται με σταθερή ταχύτητα για χρονικό διάστημα 5 s.

27. Τα χάλκινα οριζόντια σύρματα Αx , Γx' μεγάλου μήκους και αμελητέας αντίστασης είναι παράλληλα και απέχουν μεταξύ τους $\ell=1\text{m}$. Τα άκρα τους Α , Γ ενώνονται μέσω αντιστάτη $R=5\Omega$. Αγωγός ΚΛ, μήκους $\ell=1\text{m}$ και αντίστασης $R_1=3\Omega$ τοποθετείται με τον άξονά του κάθετο στα σύρματα και κινείται με σταθερή ταχύτητα $v=8\text{m/s}$ υπό την επίδραση σταθερής δύναμης $F=6\text{N}$, η οποία είναι ομόρροπη της ταχύτητας και κάθετη στον άξονα του αγωγού. Η διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2\text{T}$.



- Πόση ΗΕΔ αναπτύσσεται στον αγωγό ΚΛ;
- Πόση είναι η διαφορά δυναμικού $V_{\text{ΚΛ}}$;
- Εκτός από τη δύναμη \vec{F} ποιες άλλες δυνάμεις ενεργούν πάνω στον αγωγό ΚΛ κατά τη διεύθυνση της κίνησης και πόσο είναι το μέτρο κάθε μιας;
- Με ποιο ρυθμό μεταφέρεται ενέργεια στον αγωγό ΚΛ μέσω του έργου της \vec{F}
- Με ποιο ρυθμό μετατρέπεται ενέργεια σε θερμική, λόγω φαινομένου Joule;
- Με ποιο ρυθμό μετατρέπεται ενέργεια σε θερμική ενέργεια;

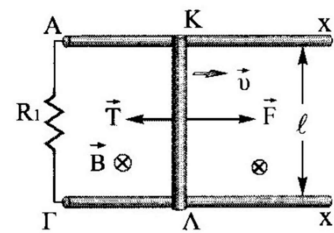
28. Στη διπλανή διάταξη, οι οριζόντιοι και παράλληλοι αγωγοί Αx , Γx' έχουν αμελητέα αντίσταση και ενώνονται μέσω της αντίστασης $R_1=3\Omega$. Ο αγωγός ΚΛ έχει αντίσταση $R=2\Omega$ και μήκος $\ell=1\text{m}$. Η ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι $B=2\text{T}$.



Στον αγωγό ΚΛ ασκούμε δύναμη $F = 10 \text{ N}$ και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_1 είναι σταθερή και ίση με $I = 4 \text{ A}$. Να βρείτε:

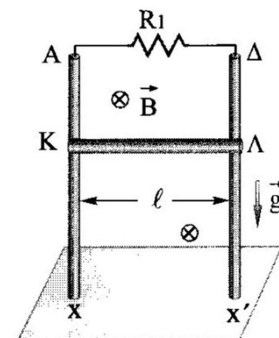
- την ταχύτητα του αγωγού
- τις δυνάμεις που ασκούνται στον αγωγό ΚΛ όταν αυτός κινείται
- το ρυθμό της προσφερόμενης ενέργειας στον αγωγό ΚΛ μέσω του έργου της \vec{F}
- το ρυθμό με τον οποίο μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα λόγω του φαινομένου Joule
- τις ενεργειακές μετατροπές που συμβαίνουν κατά τη μετακίνηση του αγωγού.

29. Στη διάταξη του σχήματος, οι οριζόντιοι και παράλληλοι αγωγοί Αx, Γx' έχουν αμελητέα αντίσταση και ενώνονται μέσω της αντίστασης $R_1 = 3 \Omega$. Ο αγωγός ΚΛ έχει αντίσταση $R = 2 \Omega$, μήκος $\ell = 1 \text{ m}$ και μπορεί να ολισθαίνει επαπτομενικά στους παράλληλους αγωγούς Αx, Γx'. Η ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι $B = 2 \text{ T}$. Στον αγωγό ΚΛ ασκούμε δύναμη \vec{F} τέτοια, ώστε αυτός να κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου $v = 5 \text{ m/s}$ και με συνοδική τριβή ολίσθησης μέτρου $T = 1 \text{ N}$. Να βρείτε:



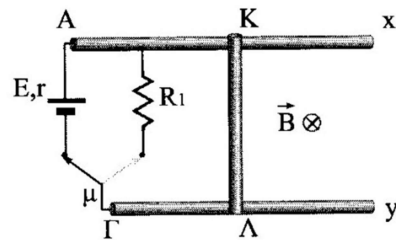
- την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό
- τις δυνάμεις που ασκούνται στον αγωγό ΚΛ εκτός της τριβής ολίσθησης
- τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού ΚΛ
- το ρυθμό της προσφερόμενης ενέργειας στον αγωγό ΚΛ μέσω του έργου της \vec{F}
- το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 2 \text{ s}$.

30. Στη διπλανή διάταξη, οι κατακόρυφοι αγωγοί Αx, Δx' έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και τα άκρα τους Α και Δ συνδέονται με αντίσταση $R_1 = 2 \Omega$. Η ράβδος ΚΛ μήκους $\ell = 1 \text{ m}$ και μάζας $m = 1 \text{ kg}$ έχει ωμική αντίσταση $R = 2 \Omega$. Η ΚΛ είναι κάθετη στους αγωγούς Αx, Δx' και ολισθαίνει πάνω σ' αυτούς χωρίς τριβές. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1 \text{ T}$. Αφήνουμε τη ράβδο ΚΛ ελεύθερη. Να βρείτε:



- α. την οριακή ταχύτητα της ράβδου.
 - β. το φορτίο Q που θα περάσει από μία διατομή της ράβδου σε χρόνο $\Delta t = 0,2s$ από τη στιγμή που η ράβδος έχει αποκτήσει την v_{op} .
 - γ. ποιες ενεργειακές μεταβολές συμβαίνουν κατά τη πτώση της ράβδου.
- Δίνεται $g = 10 m/s^2$

31. Το διπλανό σχήμα δείχνει δύο παράλληλους οριζόντιους αγωγούς Ax και Γy , μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης. Τα άκρα τους A και Γ συνδέονται αρχικά με τη βοήθεια μεταγωγού διακόπτη (μ) με ηλεκτρική πηγή, της οποίας η ΗΕΔ είναι $E = 10V$ και η εσωτερική της αντίσταση $r = 1\Omega$. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 0,5T$, κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν οι παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy , με φορά όπως φαίνεται στο σχήμα. Ευθύγραμμος αγωγός KL μάζας $m = 0,1kg$, μήκους $\ell = 1m$ και αντίστασης $R = 1\Omega$ μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές με τα άκρα του σε επαφή με τους οριζόντιους αγωγούς Ax και Γy .



A. Να υπολογίσετε:

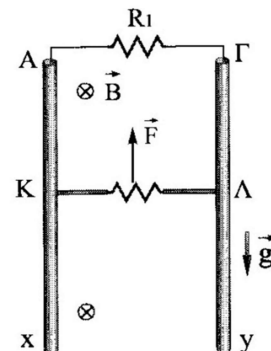
- α. τη δύναμη που ασκείται στον αγωγό τη στιγμή της εκκίνησης
- β. την επιτάχυνση του αγωγού τη στιγμή που η ταχύτητά του είναι $v_1 = 16m/s$.

B. Την παραπάνω χρονική στιγμή, με τη βοήθεια του μεταγωγού διακόπτη (μ) αποσυνδέεται η πηγή E και συνδέεται ακαριαία ο αντιστάτης αντίστασης $R_1 = 4\Omega$.

- α. Να δικαιολογήσετε το είδος της κίνησης του αγωγού.
- β. Να υπολογίσετε την ταχύτητα του αγωγού, τη χρονική στιγμή που το μέτρο της δύναμης που ασκείται σ' αυτόν είναι $F = 0,4N$.

104

32. Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί Ax , Γy , έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $\ell = 1m$. Τα άκρα A , Γ συνδέονται με αγωγό αντίστασης $R_1 = 0,8\Omega$. Ο αγωγός KL μήκους $\ell = 1m$, μάζας $m = 0,8kg$ και ωμικής αντίστασης $R_2 = 0,2\Omega$ έχει τα άκρα του K και Λ συνεχώς σε επαφή με τους κατακόρυφους αγωγούς Ax και Γy αντίστοιχα και



κινείται προς τα πάνω με αμελητέες τριβές και σταθερή ταχύτητα μέτρου $v = 4 \text{ m/s}$, δεχόμενος την επίδραση σταθερής εξωτερικής δύναμης \vec{F} όπως στο σχήμα. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο μέτρου $B = 1 \text{ T}$ όπως στο σχήμα.

A. Να υπολογίσετε:

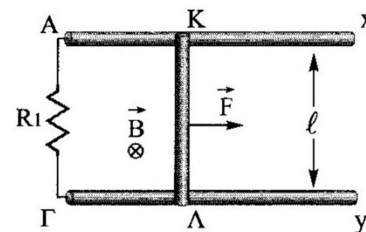
- α. την ΗΕΔ από επαγωγή στα άκρα του αγωγού ΚΛ.
- β. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

B. Κάποια χρονική στιγμή η εξωτερική δύναμη \vec{F} μηδενίζεται. Να υπολογίσετε:

- α. την ένταση του ρεύματος στην αντίσταση R_1 κατά τη χρονική στιγμή που η δύναμη στον αγωγό από το πεδίο είναι $mg/4$, ενώ ο αγωγός εξακολουθεί να κινείται προς τα πάνω.
- β. τη σταθερή ταχύτητα που αποκτά τελικά ο αγωγός κατά την κάθοδό του.

Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.

33. Δύο παράλληλοι μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy με αμελητέα αντίσταση βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 1 \text{ m}$. Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός ΚΛ μάζας m και αντίστασης $R = 1 \Omega$ βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τους αγωγούς Αx και Γy και μπορεί να ολισθαίνει

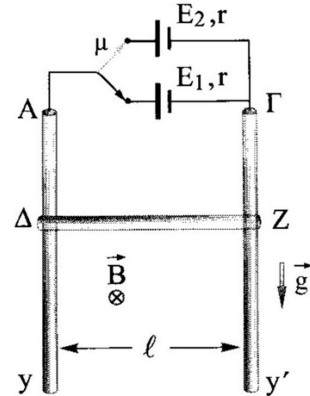


παραμένοντας κάθετος σε αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των μεταλλικών αγωγών συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης $R_1 = 2 \Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1 \text{ T}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί. Στον ευθύγραμμο αγωγό ΚΛ, που είναι αρχικά ακίνητος, ασκείται σταθερή εξωτερική δύναμη μέτρου $F = 3 \text{ N}$ με κατεύθυνση παράλληλη στους αγωγούς Αx και Γy, όπως φαίνεται στο σχήμα, με αποτέλεσμα η ράβδος να αρχίζει να κινείται. Στην κίνηση της ράβδου αντιτίθεται δύναμη τριβής η οποία εμφανίζεται στα σημεία επαφής Κ και Λ συνολικού μέτρου 1 N .

Να υπολογίσετε:

- α. τη μέγιστη ταχύτητα (οριακή, v_{0g}) που θα αποκτήσει ο αγωγός ΚΛ
- β. την τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή που το μέτρο της ταχύτητας του αγωγού είναι $v = 3 \text{ m/s}$
- γ. το ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΚΛ τη χρονική στιγμή που το μέτρο της ταχύτητας της ράβδου είναι $v = 4,5 \text{ m/s}$.

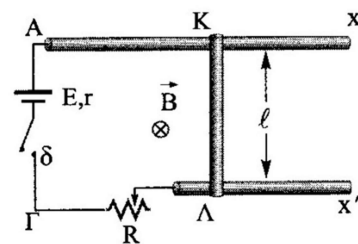
34. Το διπλανό σχήμα δείχνει δύο κατακόρυφα σύρματα μεγάλης μήκους Ay και Γγ' αμελητέας ωμικής αντίστασης. Τα άκρα τους A και Γ συνδέονται αρχικά, με τη βοήθεια μεταγωγού (μ) με ηλεκτρική πηγή, της οποίας η ΗΕΔ είναι $E_1 = 10\text{ V}$ και η εσωτερική της αντίσταση είναι $r = 2\ \Omega$. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν τα παράλληλα σύρματα Ay και Γγ'. Ευθύγραμμος αγωγός ΔΖ μάζας $m = 0,1\text{ kg}$, μήκους $\ell = 2\text{ m}$ και αντίστασης $R = 8\ \Omega$ μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές, με τα άκρα του σε επαφή με τα κατακόρυφα σύρματα Ay και Γγ'.



- A. Αν ο αγωγός αρχικά ισορροπεί, χωρίς να συγκρατείται, να υπολογιστεί:
- A₁. η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει
 - A₂. το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
- B. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του μεταγωγού (μ), αποσυνδέεται η πηγή E₁ και συνδέεται ακαριαία η πηγή E₂ με ΗΕΔ $E_2 = 5\text{ V}$ και εσωτερική αντίσταση $r = 2\ \Omega$. Ο αγωγός αρχίζει να κινείται.
- B₁. Ποιο είναι το είδος της κίνησης του αγωγού; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
 - B₂. Θεωρούμε ότι το μήκος των συρμάτων είναι τέτοιο, ώστε ο αγωγός ΔΖ αποκτά οριακή ταχύτητα, χωρίς να διακόπτεται η επαφή του με τα σύρματα Ay και Γγ'. Να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός ΔΖ.

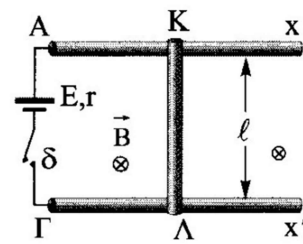
Δίνεται $g = 10\text{ m/s}^2$.

35. Στο κύκλωμα του σχήματος δίνονται: $E = 40\text{ V}$, $r = 2\ \Omega$, $B = 2\text{ T}$ και $\ell = 1\text{ m}$. Ο αγωγός ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών Ax και Γx' με τον άξονά του κάθετο στους δύο αγωγούς. Στην κίνηση του αγωγού ΚΛ αντιστέκεται δύναμη τριβής μέτρου $T = 5\text{ N}$. Ο αγωγός ΚΛ και οι αγωγοί Ax και Γx' έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Να βρείτε:



- α. τη μέγιστη τιμή της αντίστασης R, για την οποία είναι δυνατή η ολίσθηση του αγωγού.
- β. την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός, όταν είναι $R = 10\ \Omega$.

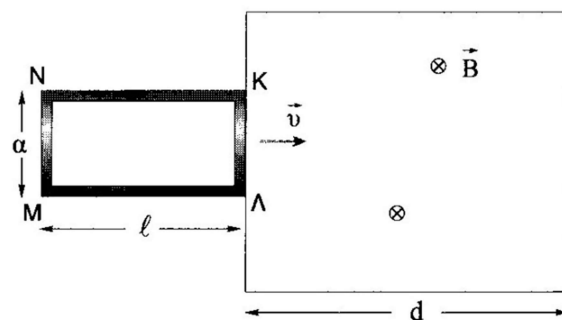
36. Στη διπλανή διάταξη, οι οριζόντιοι και παράλληλοι αγωγοί $Ax, \Gamma x'$ έχουν αμελητέα αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους $\ell = 1\text{m}$. Τα άκρα A, Γ ενώνονται μέσω της πηγής $E = 20\text{V}, r = 1\Omega$. Ο ακίνητος αγωγός KL έχει αντίσταση $R = 3\Omega$ και μπορεί να κινηθεί κάθετα στους $Ax, \Gamma x'$. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B = 2\text{T}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη δ και μετά από χρόνο t ο αγωγός KL αποκτά οριακή ταχύτητα $v_{\text{ορ}} = 8\text{m/s}$.



- Να υπολογίσετε τα μέτρα των δυνάμεων που ασκούνται στον αγωγό KL όταν αυτός έχει αποκτήσει τη σταθερή του ταχύτητα $v_{\text{ορ}}$.
- Να βρείτε το ρυθμό με τον οποίο μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια της πηγής σε θερμότητα λόγω τριβών, όταν ο αγωγός κινείται με ταχύτητα v_0 .
- Να βρείτε το ρυθμό με τον οποίο μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική, όταν η ταχύτητα του αγωγού είναι $v = 4\text{m/s}$.

37. Δύο παράλληλες σιδερένιες ράβδοι που απέχουν μεταξύ τους $\ell = 1\text{m}$ και σχηματίζουν με τον οριζόντα γωνία $\theta = 30^\circ$ συνδέονται στο κάτω άκρο του με σύρμα αντίστασης $R_1 = 2\Omega$. Από το πάνω άκρο των ράβδων αφήνουμε να ολισθήσει χωρίς τριβή κατά μήκος τους ένας πρισματικός αγωγός μήκους $\ell = 1\text{m}$ με μάζα $m = 0,1\text{kg}$ και αντίσταση $R_2 = 0,5\Omega$ ο οποίος μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα \bar{v} . Τα άκρα του αγωγού εφάπτονται συνέχεια στις ράβδους. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1\text{T}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στον αγωγό. Να βρείτε τη σταθερή ταχύτητα του αγωγού και την τάση που έχει στα άκρα του, όταν η ταχύτητά του είναι σταθερή. Δίνεται ότι $g = 10\text{m/s}^2$ και ότι οι παράλληλες σιδερένιες ράβδοι έχουν μηδενική αντίσταση.

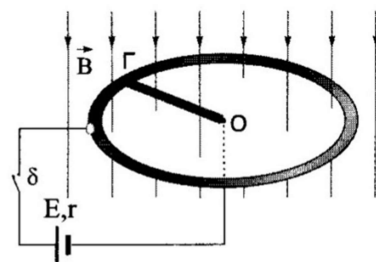
38. Το ορθογώνιο μεταλλικό πλαίσιο του σχήματος έχει διαστάσεις $\alpha = 1\text{m}$ και $\ell = 2\text{m}$. Η αντίσταση του ομογενούς πλαισίου είναι $R = 6\Omega$ και το επίπεδό του είναι κάθετο στις οριζόντιες μαγνητικές δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B = 2\text{T}$, πλάτους $d = 4\text{m}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα στο πεδίο και τη χρονική στιγμή $t = 4\text{s}$ αρχίζει να εξέρ-



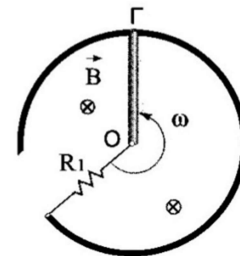
- χεται απ' αυτό. Για το χρονικό διάστημα από $t = 0$ έως $t = 6\text{s}$ να σχεδιάσετε:
- τη γραφική παράσταση της ροής σε συνάρτηση με το χρόνο.
 - τη γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο
 - τη γραφική παράσταση της τάσης $V_{\text{ΚΛ}}$ σε σχέση με το χρόνο.

Δ. Προβλήματα (θέμα 4^ο)

39. Στη διάταξη του σχήματος, ο αγωγός ΟΓ μήκους $\ell = 1\text{m}$ μπορεί να περιστρέφεται γύρω από το σημείο Ο, ενώ το άλλο άκρο του ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε οριζόντιο κυκλικό αγωγό αμελητέας αντίστασης. Το σημείο Ο ενώνεται με πηγή $E = 20\text{V}$, $r = 1\Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2\text{T}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη δ. Να βρείτε τη μέγιστη γωνιακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός.

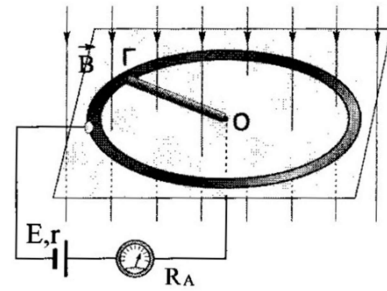


40. Στη διάταξη του διπλανού σχήματος, ο αγωγός ΟΓ έχει μήκος $\ell = 1\text{m}$, αντίσταση $R = 2\Omega$ και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 20\text{rad/s}$ γύρω από το σημείο Ο, ενώ το Γ ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στον οριζόντιο κυκλικό αγωγό αμελητέας αντίστασης. Το σημείο Ο ενώνεται με τον κυκλικό αγωγό μέσω του αντιστάτη $R_1 = 3\Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2\text{T}$. Να βρείτε:



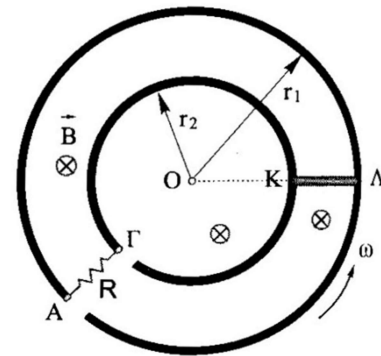
- την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού ΟΓ
- την τάση στα άκρα του αντιστάτη R_1
- την εξωτερική δύναμη που πρέπει να ασκούμε στο μέσον του αγωγού ώστε να διατηρεί σταθερή τη γωνιακή του ταχύτητα
- το ρυθμό με τον οποίο πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια ώστε να διατηρείται σταθερή η γωνιακή ταχύτητα.

41. Στη διάταξη του διπλανού σχήματος, η ράβδος ΟΓ έχει μήκος $\ell=1\text{m}$, αντίσταση $R=2\Omega$ και περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το σημείο Ο, ενώ το άκρο Γ ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε οριζόντιο κυκλικό αγωγό αμελητέας αντίστασης. Το αμπερόμετρο με εσωτερική αντίσταση $R_A=2\Omega$ συνδέεται σε σειρά με πηγή $E=20\text{V}$, $r=1\Omega$.



Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2\text{T}$. Περιστρέφουμε τη ράβδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέτρου ω_1 , σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Στη συνέχεια περιστρέφουμε τη ράβδο με γωνιακή ταχύτητα μέτρου ω_2 , αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Και στις δύο περιπτώσεις, το αμπερόμετρο δείχνει $I=8\text{A}$. Να βρείτε τα μέτρα των γωνιακών ταχυτήτων ω_1 και ω_2 .

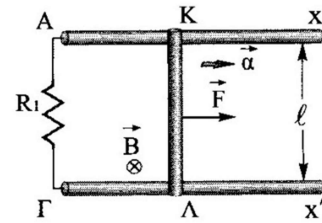
42. Στη διάταξη του σχήματος, οι δύο ομόκεντροι οριζόντιοι αγωγοί αμελητέας αντίστασης ενώνονται στα σημεία Α, Γ μέσω αντίστασης $R=2\Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=2\text{T}$.



Οι ακτίνες των αγωγών είναι $r_1=5\text{m}$ και $r_2=4\text{m}$. Η ράβδος ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$ μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές γύρω από το κέντρο Ο, έχοντας τα άκρα της μόνιμως πάνω στους ομόκεντρους κύκλους. Η ράβδος ΚΛ έχει αντίσταση $R_1=1\Omega$ και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega=2\text{rad/s}$. Να βρείτε:

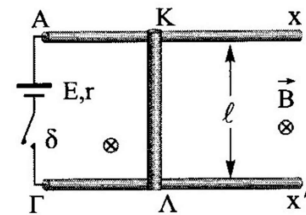
- την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου ΚΛ
- την τάση στα άκρα της ράβδου ΚΛ
- το ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται ενέργεια λόγω του φαινομένου Joule στη ράβδο ΚΛ
- τη δύναμη που πρέπει να ασκούμε στο μέσον της ράβδου ΚΛ ώστε να διατηρεί σταθερή τη γωνιακή της ταχύτητα.

43. Στο διπλανό κύκλωμα, οι οριζόντιοι αγωγοί Αx , Γx' έχουν αμελητέα αντίσταση και συνδέονται στα άκρα τους Α , Γ μέσω της αντίστασης $R_1 = 3\Omega$. Η ακίνητη ράβδος ΚΛ έχει μάζα $m = 0,5\text{ kg}$, μήκος $\ell = 1\text{ m}$ και αντίσταση $R = 1\Omega$. Η ένταση του κατακόρυφου μαγνητικού πεδίου έχει μέτρο $B = 1\text{ T}$. Στη ράβδο ασκούμε δύναμη \vec{F} τέτοια, ώστε η ράβδος να κινείται με σταθερή επιτάχυνση $\alpha = 8\text{ m/s}^2$.



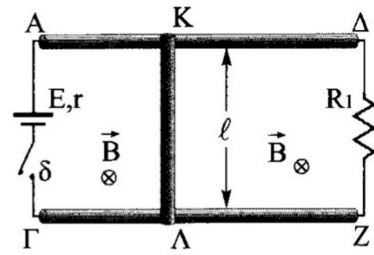
- α. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση $I = f(t)$.
- β. Να σχεδιάσετε σε κοινό διάγραμμα τις γραφικές παραστάσεις των αλγεβρικών τιμών των \vec{F} και \vec{F}_L σε συνάρτηση με το χρόνο.
- γ. Να υπολογίσετε το φορτίο Q που περνά από μία διατομή του αγωγού ΚΛ κατά τη διάρκεια του 3^{ου} δευτερόλεπτου της κίνησής του.
- δ. Να βρείτε την τάση $V_{\text{ΚΛ}}$ τη χρονική στιγμή $t = 4\text{ s}$.
- ε. Ποιες ενεργειακές μεταβολές λαμβάνουν χώρα κατά τη μετατόπιση της ράβδου ΚΛ;
- στ. Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η ένταση του ρεύματος.

44. Οι οριζόντιοι και παράλληλοι αγωγοί έχουν αμελητέα αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους $\ell = 1\text{ m}$. Ο αγωγός ΚΛ έχει αντίσταση $R = 3\Omega$, μάζα $m = 1\text{ kg}$ και κινείται χωρίς τριβές πάνω στους παράλληλους αγωγούς. Τα άκρα Α και Γ συνδέονται μέσω διακόπτη δ και πηγής $E = 12\text{ V}$, $r = 1\Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 2\text{ T}$. Ο αγωγός ΚΛ αρχικά είναι ακίνητος. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη δ. Η τιμή της επιτάχυνσης του αγωγού τη χρονική στιγμή t_1 πριν αυτός αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα είναι $\alpha = 3\text{ m/s}^2$. Να βρείτε:



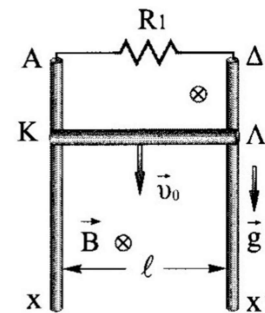
- α. την επιτάχυνση του αγωγού ΚΛ, τη χρονική στιγμή $t = 0$.
- β. την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός.
- γ. τη μεταβολή της ορμής του αγωγού από τη χρονική στιγμή t_1 μέχρι τη στιγμή που αποκτά την οριακή του ταχύτητα.
- δ. το ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η κινητική ενέργεια του αγωγού τη στιγμή t_1 .

45. Οι παράλληλοι και οριζόντιοι αγωγοί του σχήματος έχουν αμελητέα αντίσταση. Τα άκρα τους A , Γ γεφυρώνονται μέσω της πηγής με ΗΕΔ $E = 48\text{ V}$ και $r = 2\Omega$, ενώ τα άκρα Δ , Ζ γεφυρώνονται μέσω της αντίστασης $R_1 = 6\Omega$. Η ράβδος ΚΛ έχει αντίσταση $R = 3\Omega$, μήκος $\ell = 1\text{ m}$, μάζα $m = 2\text{ kg}$ και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους παράλληλους αγωγούς. Η ένταση του κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι $B = 2\text{ T}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη δ.



- α. Ποια είναι επιτάχυνση της ράβδου τη χρονική στιγμή $t = 0$;
- β. Ποια είναι η οριακή ταχύτητα της ράβδου;
- γ. Πόση είναι η ταχύτητα της ράβδου όταν η αντίσταση R_1 διαρρέεται από ρεύμα 5 A ;
- δ. Όταν η ράβδος έχει ταχύτητα $v_{0g}/2$ και ανοίξουμε το διακόπτη δ, πόση θα γίνει η ένταση του ρεύματος που θα τη διαρρέει;

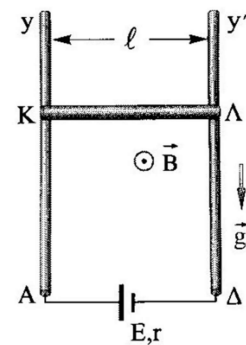
46. Οι κατακόρυφοι και παράλληλοι αγωγοί Ax , Δx' έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν $\ell = 1\text{ m}$. Τα σημεία A , Δ ενώνονται με σύρμα ωμικής αντίστασης $R_1 = 3\Omega$. Ο αγωγός ΚΛ έχει αντίσταση $R = 1\Omega$, μάζα $m = 2\text{ kg}$ και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2\text{ T}$ το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 30\text{ m/s}$ και μετά από λίγο ο αγωγός αποκτά τη σταθερή ταχύτητα v_{0g} . Να βρείτε:



- α. το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει ο αγωγός μέχρι να αποκτήσει τη σταθερή του ταχύτητα v_{0g} .
- β. το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η κινητική ενέργεια του αγωγού τη στιγμή $t = 0$.
- γ. το μέτρο της οριακής ταχύτητας του αγωγού.
- δ. τη διαφορά δυναμικού V_{KL} στα άκρα του αγωγού, όταν αυτός θα έχει αποκτήσει τη σταθερή του ταχύτητα.
- ε. τις μετατροπές ενέργειας που λαμβάνουν χώρα από τη στιγμή $t = 0$ μέχρι ο αγωγός να αποκτήσει τη σταθερή του ταχύτητα.

- Δίνεται: $g = 10\text{ m/s}^2$.

47. Στη διπλανή διάταξη, οι κατακόρυφοι και παράλληλοι αγωγοί $Ay, \Delta y'$ έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα αντίσταση και απέχουν $\ell=1\text{m}$. Τα άκρα A, Δ ενώνονται με πηγή χαρακτηριστικών $E=12\text{V}$ και $r=1\Omega$. Ο αγωγός $ΚΛ$ έχει μάζα $m=0,2\text{kg}$, μήκος $\ell=1\text{m}$, ωμική αντίσταση $R=5\Omega$ και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβή πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=2\text{T}$, το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί. Τη χρονική στιγμή $t=0$ αφήνουμε τον αγωγό $ΚΛ$ ελεύθερο να κινηθεί.



α. Να βρείτε την επιτάχυνση του αγωγού τη στιγμή $t=0$.

β. Να βρείτε την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός

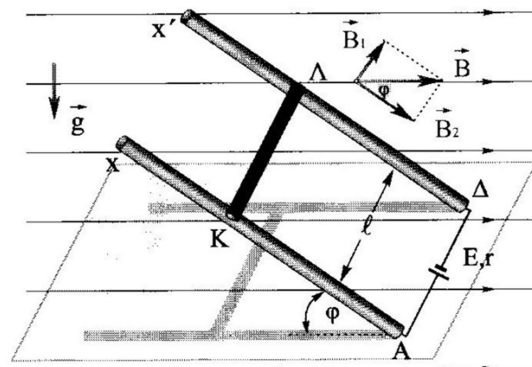
γ. Να βρείτε την ταχύτητα του αγωγού όταν αυτός δε διαρρέεται από ρεύμα.

δ. Να παραστήσετε γραφικά την αλγεβρική τιμή της δύναμης Laplace που ασκείται στον αγωγό σε συνάρτηση με την ταχύτητά του, από τη χρονική στιγμή $t=0$ μέχρι αυτός να αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα.

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

112

48. Στη διπλανή διάταξη οι παράλληλοι αγωγοί $Ax, \Delta x'$ αμελητέας ωμικής αντίστασης, σχηματίζουν γωνία $\varphi=30^\circ$ με το οριζόντιο επίπεδο. Τα σημεία A και Δ ενώνονται μέσω της πηγής $E=10\text{V}$, $r=1\Omega$. Η ράβδος $ΚΛ$ έχει αντίσταση $R=2\Omega$, μάζα $m=2\text{kg}$, μήκος $\ell=1\text{m}$ και ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω στους παράλληλους αγωγούς. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=2\text{T}$, κάθετο στη ράβδο $ΚΛ$. Να βρείτε:



α. την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει η ράβδος.

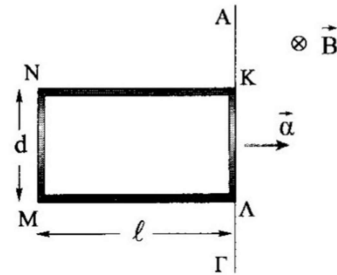
β. τη διαφορά δυναμικού $V_{ΚΛ}$ όταν μηδενιστεί στιγμιαία η ένταση του ρεύματος.

γ. το ρυθμό με τον οποίο μειώνεται η δυναμική ενέργεια της ράβδου όταν έχει ταχύτητα $v=10\text{m/s}$.

- δ. το ρυθμό με τον οποίο αναπτύσσεται θερμότητα λόγω του φαινομένου Joule στις ωμικές αντιστάσεις, όταν η ράβδος ΚΛ έχει ταχύτητα $v = 10\text{m/s}$.
 ε. την οριακή ταχύτητα της ράβδου, αν αντιστρέψουμε την πολικότητα της πηγής.

Δίνεται $g = 10\text{m/s}^2$.

49. Οι πλευρές ΚΝ και ΛΜ του ορθογώνιου συμμάτινου πλαισίου ΚΛΜΝ του σχήματος έχουν μήκος $\ell = 4,5\text{m}$ ενώ οι πλευρές ΚΛ και ΝΜ έχουν μήκος $d = 3\text{m}$. Η αντίσταση του πλαισίου ανά μονάδα μήκους είναι $R^* = 2\ \Omega/\text{m}$ και το πλαίσιο είναι ακίνητο με την πλευρά του ΚΛ να



εφάπτεται στην πλευρά ΑΓ του ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου $B = 2\text{T}$ και με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το πλαίσιο κινείται προς τα δεξιά με επιτάχυνση μέτρου $\alpha = 1\text{m/s}^2$ εισερχόμενο στο πεδίο. Τη χρονική στιγμή $t = 2\text{s}$ να βρείτε :

- α. την τάση από επαγωγή στα άκρα της πλευράς ΚΛ
 β. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο
 γ. την τάση V_{KL} στα άκρα της πλευράς ΚΛ.
 δ. Να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις των $E_{\text{ΕΠ(ΚΛ)}}$ και της δύναμης Laplace που δέχεται το πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο, μέχρις ότου το πλαίσιο να εισέλθει ολόκληρο στο μαγνητικό πεδίο.