

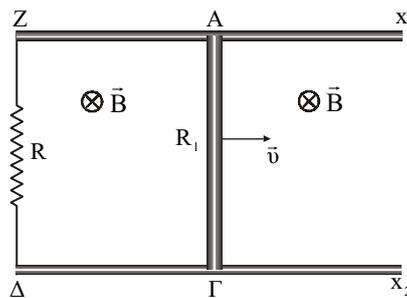
ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

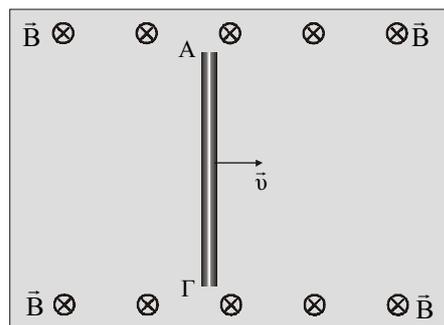
Οδηγία: Για να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής αρκεί να γράψετε στο φύλλο απαντήσεων τον αριθμό της ερώτησης και δεξιά από αυτόν το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Τοποθετούμε έναν συρμάτινο βρόχο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδο του κάθετο στις δυναμικές γραμμές.
 - α. Ο βρόχος διαρρέεται από συνεχές ρεύμα.
 - β. Ο βρόχος διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα.
 - γ. Η μαγνητική ροή που περνάει από το βρόχο είναι ίση με μηδέν.
 - δ. Η μαγνητική ροή που περνάει από το βρόχο είναι μέγιστη.

2. Ο αγωγός ΑΓ αντίστασης R_1 κινείται χωρίς τριβές πάνω στις αγωγίμες σιδηροτροχιές ΖΧ₁ και ΔΧ₂ σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , όπως φαίνεται στο σχήμα.
 - α. Δε χρειάζεται εξωτερική δύναμη για να κινείται ο αγωγός ΑΓ με σταθερή ταχύτητα.
 - β. Είναι $E_{επ} = V_{ΑΓ}$.
 - γ. Η συμβατική φορά του ρεύματος στον αντιστάτη είναι από Ζ → Δ.
 - δ. Η συμβατική φορά του ρεύματος στον αγωγό είναι από Α → Γ.



3. Ο χάλκινος αγωγός ΑΓ κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} σε περιοχή εκτός βαρυτικού πεδίου, όπου επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , όπως φαίνεται στο σχήμα.
 - α. Το άκρο Α του αγωγού έχει περίσσειμα θετικού φορτίου.
 - β. Το άκρο Α του αγωγού έχει περίσσειμα αρνητικού φορτίου.
 - γ. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων Α, Γ του αγωγού είναι ίση με μηδέν.
 - δ. Χρειάζεται να εφαρμόσουμε εξωτερική δύναμη στον αγωγό για να κινείται με σταθερή ταχύτητα.



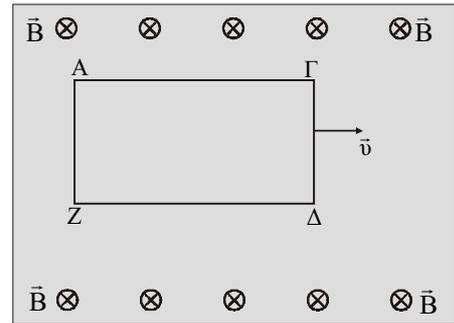
4. Το ορθογώνιο συρμάτινο πλαίσιο κινείται με σταθερή ταχύτητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} .

α. Το πλαίσιο διαρρέεται από συνεχές ρεύμα.

β. Είναι $V_{\Gamma\Delta} = Bv(\Gamma\Delta)$.

γ. Είναι $V_{AZ} = 0$.

δ. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου αυξάνεται.



5. Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο

α. είναι συντηρητικό.

β. είναι πάντοτε χρονικά μεταβαλλόμενο.

γ. ασκεί δύναμη μόνο σε κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο.

δ. έχει δυναμικές γραμμές κλειστές.

6. Στο βήτατρο το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται με το χρόνο, σύμφωνα με την εξίσωση $B = B_0 \eta \mu \omega t$. Ηλεκτρόνια εισέρχονται στο δακτύλιο τη χρονική στιγμή $t = 0$. Η κινητική τους ενέργεια αυξάνεται συνεχώς κατά το χρονικό διάστημα

α. 0 έως $\frac{T}{2}$ β. 0 έως $\frac{T}{4}$

γ. 0 έως $\frac{3T}{4}$ δ. 0 έως T

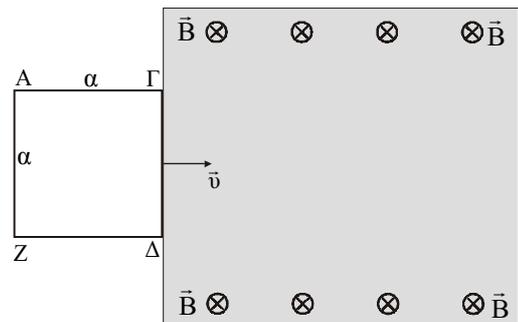
7. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΖ πλευράς a εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} στην περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Κάθε πλευρά του έχει αντίσταση R και το ρεύμα που επάγεται σ' αυτό είναι I. Κατά τη διάρκεια της εισόδου του πλαισίου στο πεδίο ισχύει

α. $V_{\Gamma\Delta} = Bva$

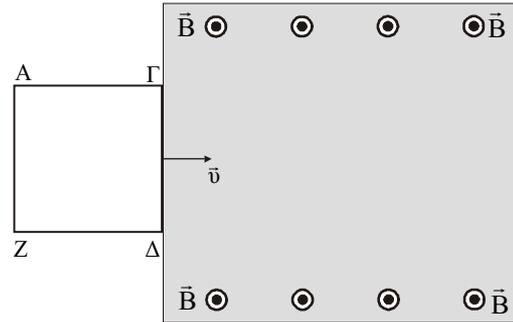
β. $V_{\Gamma\Delta} = IR$

γ. $V_{\Gamma\Delta} = Bva - IR$

δ. $V_{\Gamma\Delta} = Bva + IR$



8. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΖ εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} στην περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Κατά τη διάρκεια εισόδου του πλαισίου,



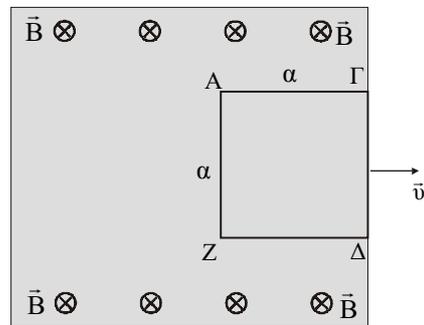
α. η μαγνητική ροή που διέρχεται από αυτό αυξάνεται.

β. ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο αυξάνεται.

γ. ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο ελαττώνεται.

δ. το ρεύμα στην πλευρά ΑΖ έχει συμβατική φορά από το Α → Ζ.

9. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΖ πλευράς α εξέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} από το ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Κάθε πλευρά του έχει αντίσταση R και το ρεύμα που επάγεται σ' αυτό είναι I. Κατά τη διάρκεια της εξόδου του πλαισίου από το πεδίο, ισχύει



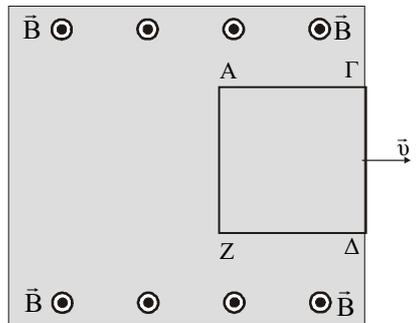
α. $V_{AZ} = Bva$

β. $V_{AZ} = IR$

γ. $V_{AZ} = Bva + IR$

δ. $V_{AZ} = Bva - IR$

10. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΖ εξέρχεται με σταθερή ταχύτητα από την περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Κατά τη διάρκεια εξόδου του πλαισίου από το πεδίο



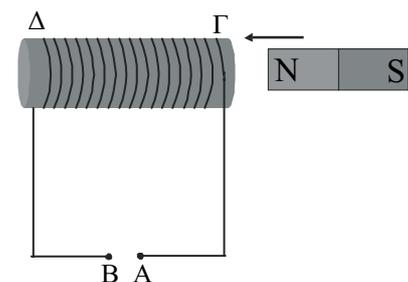
α. ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο ελαττώνεται.

β. η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο ελαττώνεται.

γ. το ρεύμα στην πλευρά ΓΔ έχει συμβατική φορά από το Γ → Δ.

δ. η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο ελαττώνεται.

11. Κατά τη διάρκεια της κίνησης του μαγνήτη προς το ακίνητο πηνίο



α. στο άκρο Γ του πηνίου εμφανίζεται βόρειος μαγνητικός πόλος.

β. στο άκρο Γ του πηνίου εμφανίζεται νότιος μαγνητικός πόλος.

γ. στα άκρα Α, Β εμφανίζεται τάση από επαγωγή με το (+) στο Α.

δ. στα άκρα Α, Β εμφανίζεται τάση από επαγωγή με το (+) στο Β.

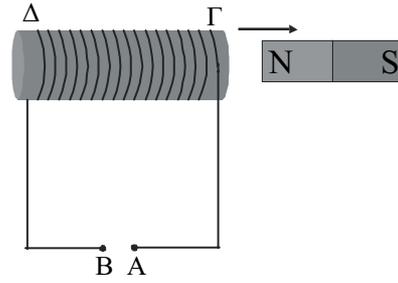
12. Κατά τη διάρκεια της απομάκρυνσης του μαγνήτη από το ακίνητο πηνίο.

α. Στο άκρο Γ του πηνίου εμφανίζεται νότιος μαγνητικός πόλος.

β. Στο άκρο Γ του πηνίου εμφανίζεται βόρειος μαγνητικός πόλος.

γ. Στα άκρα Α και Β εμφανίζεται τάση από επαγωγή με το (+) στο Α.

δ. Στα άκρα Α, Β εμφανίζεται τάση από επαγωγή με το (+) στο Β.



13. Ο νόμος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, όπως διατυπώθηκε από τον Faraday,

εκφράζεται με την εξίσωση $E_{επ} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ και ισχύει

α. μόνο αν το κύκλωμα είναι κλειστό.

β. μόνο αν το κύκλωμα είναι ανοικτό.

γ. είτε το κύκλωμα είναι ανοικτό είτε κλειστό.

δ. μόνο αν το μαγνητικό πεδίο είναι χρονικά σταθερό.

14. Ο κανόνας του Lenz

α. είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

β. ισχύει μόνο όταν ο ρυθμός μεταβολής $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ της μαγνητικής ροής που διέρχεται από ένα κλειστό κύκλωμα είναι χρονικά σταθερός.

γ. ορίζει ότι το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε να μην αντιστέκεται στην αιτία που το προκαλεί.

δ. καθορίζει τη φορά των δυναμικών γραμμών του ηλεκτροστατικού πεδίου.

15. Πηνίο συνδέεται με βαλλιστικό γαλβανόμετρο. Το κύκλωμα έχει ωμική αντίσταση R. Εισάγουμε το πηνίο με τον άξονά του παράλληλο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, δύο φορές. Η διάρκεια εισόδου την πρώτη φορά είναι $(\Delta t)_1 = 4$ s και τη δεύτερη φορά $(\Delta t)_2 = 8$ s. Αν η επαγόμενη ΗΕΔ και το φορτίο που αναπτύσσεται λόγω του φαινομένου της επαγωγής έχουν αντίστοιχες απόλυτες τιμές E_1 , Q_1 και E_2 , Q_2 , ισχύει

α. $E_1 = E_2$ και $Q_1 = 2Q_2$

β. $E_1 > E_2$ και $Q_1 = Q_2$

γ. $E_1 = E_2$ και $Q_1 = Q_2$

δ. $E_1 < E_2$ και $Q_1 < Q_2$

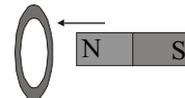
16. Ο μαγνήτης κινείται προς τον ακίνητο χάλκινο δακτύλιο με επιταχυνόμενη κίνηση. Η ενέργεια που μεταβιβάζεται στο μαγνήτη μετατρέπεται

α. όλη σε κινητική ενέργεια του μαγνήτη.

β. όλη σε θερμική ενέργεια στην αντίσταση του δακτυλίου.

γ. σε θερμική ενέργεια στην αντίσταση του δακτυλίου και σε κινητική ενέργεια του μαγνήτη.

δ. σε θερμική ενέργεια στην αντίσταση του δακτυλίου και σε δυναμική ενέργεια του δακτυλίου.

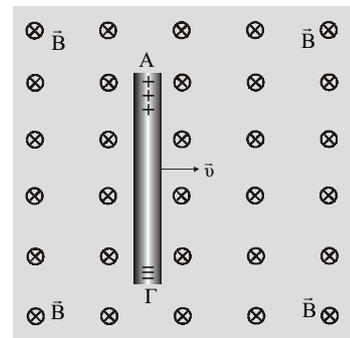


Ερωτήσεις του τύπου Σωστό / Λάθος

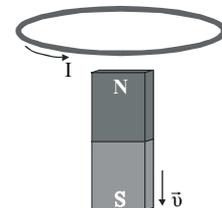
Οδηγία: Για να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις αρκεί να γράψετε στο φύλλο απαντήσεων τον αριθμό της ερώτησης και δεξιά από αυτόν το γράμμα Σ αν την κρίνετε σωστή ή το γράμμα Λ αν την κρίνετε λανθασμένη.

1. Σε ένα κύκλωμα επάγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη οποτεδήποτε συμβαίνει μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από αυτό.
2. Η ΗΕΔ από επαγωγή προέρχεται από μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

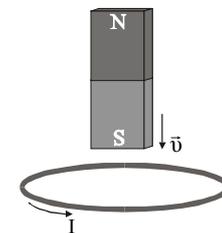
3. Χρειάζεται εξωτερική δύναμη ώστε ο αγωγός ΑΓ να κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} . (Η διάταξη βρίσκεται εκτός βαρυτικού πεδίου).



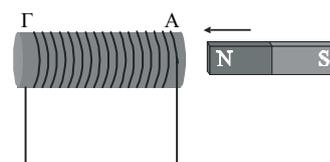
4. Όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται, ο δακτύλιος διαρρέεται από ρεύμα που έχει φορά όπως φαίνεται στο σχήμα.



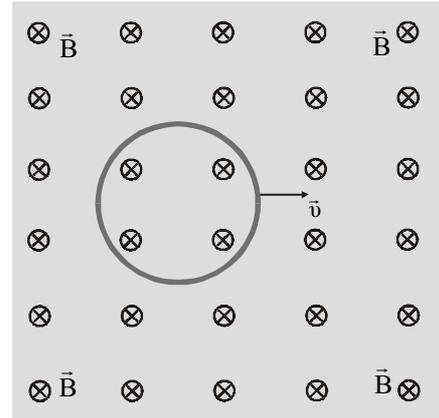
5. Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει, ο δακτύλιος διαρρέεται από ρεύμα που έχει φορά όπως φαίνεται στο σχήμα.



6. Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει προς το πηνίο, στο άκρο Α εμφανίζεται βόρειος μαγνητικός πόλος.

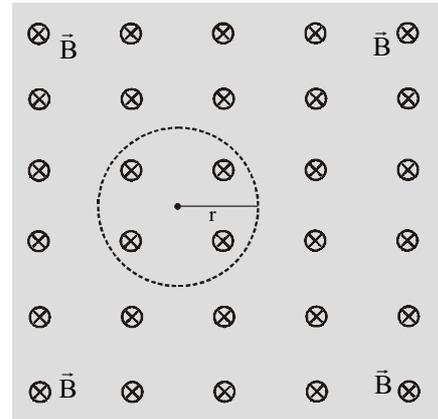


7. Ο χάλκινος δακτύλιος, που κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} δε διαρρέεται από ρεύμα.



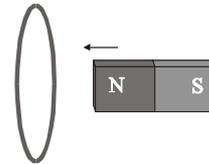
8. Χάλκινος και ξύλινος δακτύλιος, με τις ίδιες διαστάσεις, τοποθετούνται έτσι ώστε ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από καθένα να είναι ίδιος. Και στους δύο δακτυλίους θα εμφανιστεί το ίδιο ηλεκτρικό πεδίο.

9. Το ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t}$. Για να εμφανιστεί ηλεκτρικό πεδίο πρέπει ο κύκλος ακτίνας r να είναι αγωγίμος βρόχος.



10. Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο είναι μη συντηρητικό.
11. Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο είναι πάντοτε χρονικά μεταβαλλόμενο.
12. Στο βήτατρο τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται από ηλεκτροστατικό πεδίο.
13. Η ακτίνα της τροχιάς των ηλεκτρονίων τα οποία επιταχύνονται από βήτατρο διατηρείται σταθερή.
14. Στα ηλεκτρόνια που επιταχύνονται από βήτατρο μεταφέρεται ενέργεια κατά το χρονικό διάστημα από 0 έως $\frac{T}{4}$, αν το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με την εξίσωση $B = B_0 \eta \omega t$.

15. Πηνίο συνδεδεμένο με βαλλιστικό γαλβανόμετρο εισέρχεται με τον άξονά του παράλληλο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Η ένδειξη του γαλβανόμετρου εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια εισόδου του πηνίου στο πεδίο.
16. Η ΗΕΔ από επαγωγή σε ένα κύκλωμα είναι ανάλογη της μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από αυτό.
17. Η ΗΕΔ από επαγωγή σε ένα κύκλωμα είναι ανάλογη προς το χρονικό ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από αυτό.
18. Ο κανόνας του Lenz είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας.
19. Ο κανόνας του Lenz ορίζει ότι το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά ώστε να μην αντιστέκεται στην αιτία που το προκαλεί.
20. Ο μαγνήτης κινείται προς τον ακίνητο χάλκινο δακτύλιο με επιταχυνόμενη κίνηση. Η ενέργεια που μεταβιβάζεται στο μαγνήτη μετατρέπεται όλη σε θερμική ενέργεια στην αντίσταση του δακτυλίου.



Ερωτήσεις αντιστοίχισης

Οδηγία: Για να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις αρκεί να γράψετε στο φύλλο απαντήσεων τον αριθμό της ερώτησης και τα κατάλληλα ζεύγη κεφαλαίων - μικρών γραμμάτων.

1. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης με αυτά της δεξιάς.

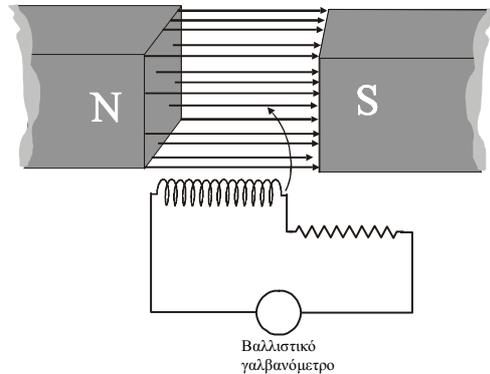
A. Ηλεκτροστατικό πεδίο.

B. Ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από χρονικά μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή.

α. Μη συντηρητικό.

β. Συντηρητικό.

2. Το πηνίο N σπειρών εισάγεται στο ομογενές μαγνητικό πεδίο με τον άξονά του παράλληλο στις δυναμικές γραμμές. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης με αυτά της δεξιάς.



A. ΗΕΔ από επαγωγή

B. Ένδειξη βαλλιστικού γαλβανόμετρου

Γ. Ένταση επαγωγικού ρεύματος

$$\alpha. \frac{\Delta\Phi}{R_{ολ}} N$$

$$\beta. \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N \frac{1}{R_{ολ}}$$

$$\gamma. \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N$$

$$\delta. \frac{1}{2\pi R_{ολ}} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N$$

3. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης με αυτά της δεξιάς.

A. Ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή

B. Ηλεκτρεγερτική δύναμη στοιχείου

Γ. Βήτατρο

Δ. Βαλλιστικό γαλβανόμετρο

α. Προέρχεται από μετατροπή της αποθηκευμένης χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

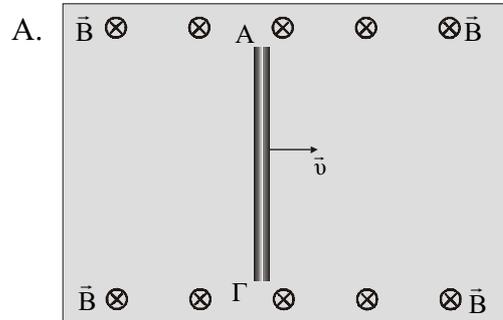
β. Προέρχεται από μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

γ. Αντί για ενδείξεις έντασης ρεύματος παρέχει ενδείξεις ηλεκτρικού φορτίου.

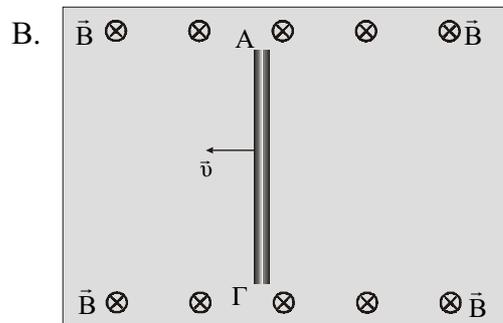
δ. Επιταχυντής ηλεκτρονίων.

ε. Συσκευή παραγωγής σωματίων βήτα.

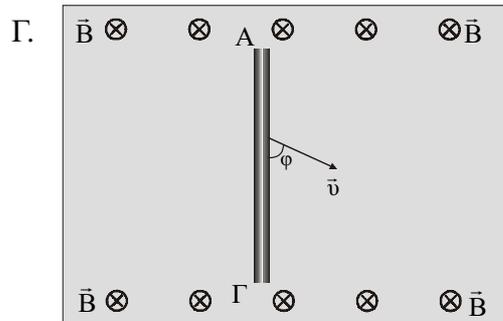
4. Ο αγωγός ΑΓ έχει μήκος L και κινείται με ταχύτητα σταθερού μέτρου v διαγράφοντας επιφάνεια κάθετη των δυναμικών γραμμών ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης \vec{B} . Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης με αυτά της δεξιάς.



α. $E_{επ} = BLv$ με το (+) στο Γ και το (-) στο Α.



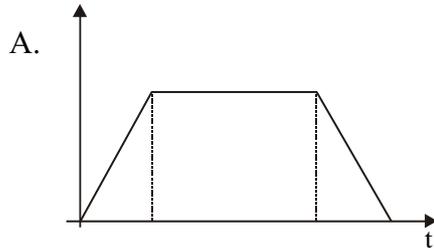
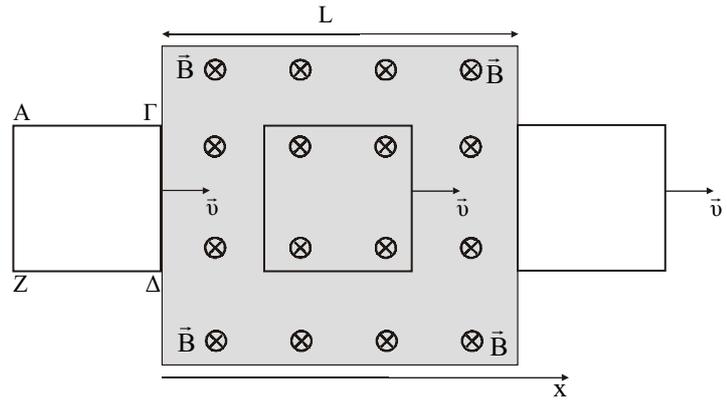
β. $E_{επ} = BLv \sin \phi$ με το (+) στο Α και το (-) στο Γ.



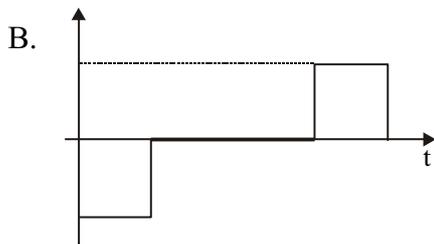
γ. $E_{επ} = BLv$ με το (+) στο Α και το (-) στο Γ.

δ. $E_{επ} = BLv \sin \phi$ με το (-) στο Α και το (+) στο Γ.

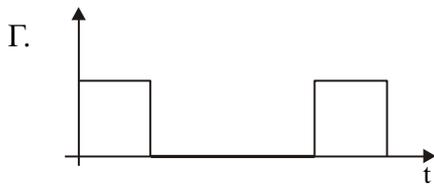
5. Το τετράγωνο πλαίσιο ΑΓΔΖ διέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} μέσα από περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} όπως φαίνεται στο σχήμα. Να αντιστοιχίσετε τα διαγράμματα της αριστερής στήλης με τα στοιχεία της δεξιάς.



- α. Γραφική παράσταση της επαγόμενης ΗΕΔ σε συνάρτηση με το χρόνο.



- β. Γραφική παράσταση του ρυθμού μετατροπής ενέργειας σε θερμική, σε συνάρτηση με το χρόνο.



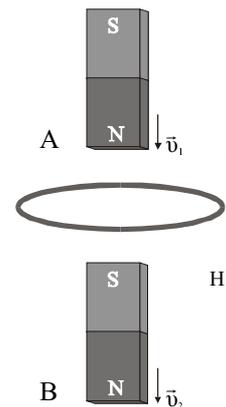
- γ. Γραφική παράσταση της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο.

- δ. Γραφική παράσταση της τάσης $V_{\Gamma\Delta}$ σε συνάρτηση με το χρόνο.

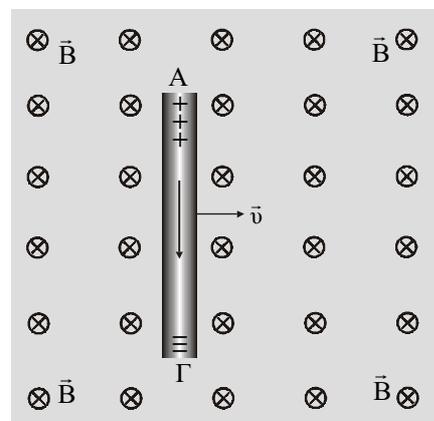
Ερωτήσεις ανοικτού τύπου

1. Να περιγράψετε μερικά από τα πειράματα που οδήγησαν τον Faraday στην ανακάλυψη του φαινομένου της επαγωγής.
2. Να διατυπώσετε το νόμο της επαγωγής του Faraday και να γράψετε τη μαθηματική του έκφραση.
3. Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται σε ευθύγραμμη μεταλλική ράβδο μήκους L που κινείται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} , με σταθερή ταχύτητα \vec{v} . Η ταχύτητα \vec{v} είναι κάθετη στον άξονα της ράβδου και τις δυναμικές γραμμές του πεδίου.
4. Ορθογώνιο πλαίσιο N σπειρών εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} , η οποία είναι κάθετη στο επίπεδό του. Η ταχύτητα \vec{v} είναι κάθετη στη μικρότερη πλευρά του πλαισίου. Να δείξετε ότι η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο κατά τη διάρκεια της εισόδου του στο πεδίο δίνεται (κατ' απόλυτη τιμή) από τη σχέση $E_{\text{επ}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N$.
5. Συναρμολογούμε κύκλωμα το οποίο περιλαμβάνει πηνίο, αμπερόμετρο, ροοστάτη, διακόπτη και πηγή συνεχούς τάσης. Όλα τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Κλείνουμε το διακόπτη και μετά από λίγο η ένταση του ρεύματος αποκτά σταθερή τιμή. Το πηνίο περιβάλλει στο μέσο του χάλκινος αγωγός στον οποίο έχει συνδεθεί και γαλβανόμετρο. Με τη βοήθεια του ροοστάτη μεταβάλλουμε την ένταση του ρεύματος.
 - α. Τι έχετε να παρατηρήσετε για τις ενδείξεις του γαλβανόμετρου;
 - β. Να εξηγήσετε αναλυτικά τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο χάλκινο αγωγό που περιβάλλει το πηνίο.
6. Κυκλικός αγωγός ακτίνας r βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδό του. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ η ένταση του πεδίου αρχίζει να μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t}$.
 - α. Να υπολογίσετε το έργο που παράγεται όταν φορτίο Q εκτελέσει μια πλήρη περιστροφή μέσα στον αγωγό.
 - β. Η δύναμη που κινεί το φορτίο είναι συντηρητική ή όχι και γιατί;
7. Ποιες διαφορές παρουσιάζει το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από χρονικά μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, από το ηλεκτροστατικό πεδίο;

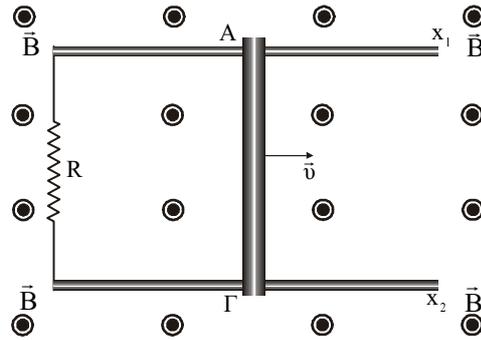
8. Θεωρούμε ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Κάποια στιγμή η ένταση B του πεδίου αρχίζει να μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta \vec{B}}{\Delta t}$. Ποιες αναλογίες παρουσιάζει το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από την παραπάνω μεταβολή του μαγνητικού πεδίου με το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται γύρω από ευθύγραμμο αγωγό, ο οποίος διαρρέεται από συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης I ;
9. Σε ποιο φαινόμενο στηρίζεται η λειτουργία του βήτατρου; Να αναφέρετε δύο παραδείγματα εφαρμογής του βήτατρου.
10. Να περιγράψετε την πειραματική διαδικασία για τη μέτρηση της έντασης B ομογενούς μαγνητικού πεδίου, η οποία βασίζεται στη μέτρηση του φορτίου Q το οποίο αναπτύσσεται λόγω του φαινομένου της επαγωγής.
11. Να διατυπώσετε τον κανόνα του Lenz και να αποδείξετε ότι αποτελεί συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας.
12. Ο μαγνήτης του σχήματος περνάει μέσα από το χάλκινο δακτύλιο. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.
- α.** Ποια είναι η φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το δακτύλιο, όταν ο μαγνήτης
- πλησιάζει προς το δακτύλιο.
 - απομακρύνεται από το δακτύλιο.
- β.** Να υπολογίσετε την ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμική στο δακτύλιο, κατά τη διαδρομή του μαγνήτη μεταξύ των θέσεων A και B . Δίνονται: η μάζα m του μαγνήτη, η επιτάχυνση της βαρύτητας g και οι τιμές των μεγεθών v_1 , v_2 και H .



13. Υπάρχει ανάγκη να εφαρμόσουμε εξωτερική δύναμη ώστε ο ευθύγραμμος αγωγός $A\Gamma$ να κινείται ισοταχώς; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

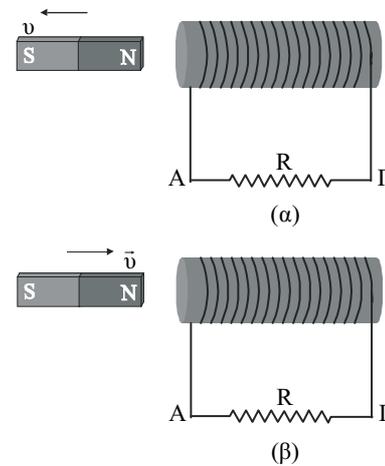


14. Να εξηγήσετε γιατί πρέπει να εφαρμόσουμε εξωτερική δύναμη πάνω στον ευθύγραμμο αγωγό ΑΓ του σχήματος, ώστε αυτός να κινείται με σταθερή ταχύτητα.



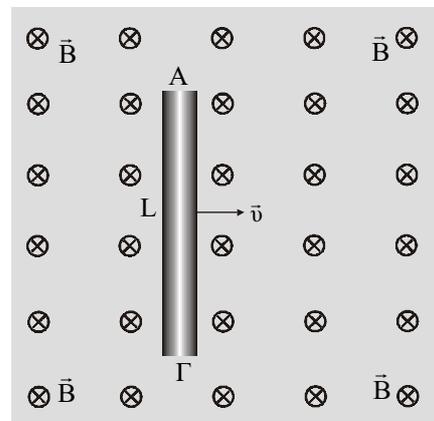
15. Κυκλικός συρμάτινος βρόχος βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Περιγράψτε με ποιο τρόπο μπορείτε να δημιουργήσετε ΗΕΔ από επαγωγή στο κύκλωμα υπό αυτές τις συνθήκες.

16. Να χρησιμοποιήσετε τον κανόνα του Lenz για να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις που αφορούν τη φορά του επαγωγικού ρεύματος:
 α. Ποια είναι η φορά του επαγόμενου ρεύματος στον αντιστάτη R στο κύκλωμα του σχήματος (α), όταν ο μαγνήτης κινείται προς τ' αριστερά;
 β. Ποια είναι η φορά του επαγόμενου ρεύματος στον αντιστάτη R στο κύκλωμα του σχήματος (β), όταν ο μαγνήτης κινείται προς τα δεξιά;

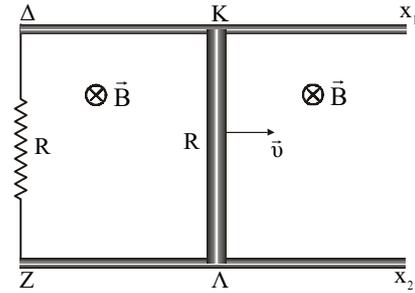


17. Κυκλικός συρμάτινος βρόχος βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} κάθετο στο επίπεδό του. Με ποιους τρόπους μπορεί να κινηθεί ο βρόχος χωρίς να έχουμε ΗΕΔ από επαγωγή; Να θεωρήσετε μεταθετική και στροφική κίνηση.

18. Ευθύγραμμη αγωγίμη ράβδος μήκους L κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} όπως φαίνεται στο σχήμα. Με ποιο ή ποια από τα παρακάτω συμφωνείτε και γιατί;
 α. Το άκρο Α έχει περίσσεια θετικού φορτίου.
 β. Στη ράβδο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή με τιμή $E_{επ} = BLv$.
 γ. Το άκρο Α έχει περίσσεια αρνητικού φορτίου.
 δ. Η διαφορά δυναμικού $V_{ΑΓ}$ είναι ίση με την $E_{επ}$.



19. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ, μήκους L και ωμικής αντίστασης R , κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} κατά μήκος των οριζώντιων αγωγών Δx_1 και $Z x_2$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;



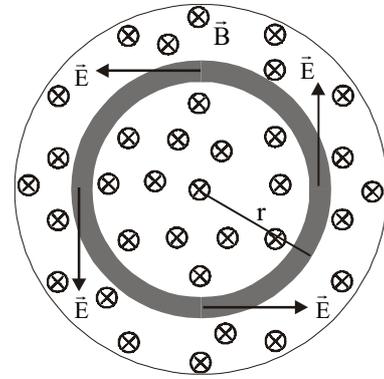
α. Η διαφορά δυναμικού $V_{\text{ΚΛ}} = \frac{BLv}{2}$.

β. Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε εξωτερική δύναμη για να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

γ. Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια με ρυθμό $P = \frac{B^2 L^2 v^2}{2R}$, για να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

δ. Στον αγωγό ΚΛ ασκείται δύναμη Laplace ομόρροπη της ταχύτητας του \vec{v} .

20. Θεωρούμε αγωγίμο κυκλικό βρόχο ακτίνας r μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , κάθετο στο επίπεδό το, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \lambda$ (σε T/s), όπου $\lambda > 0$.



Με ποιο ή ποια από τα παρακάτω συμφωνείτε ή διαφωνείτε και γιατί;

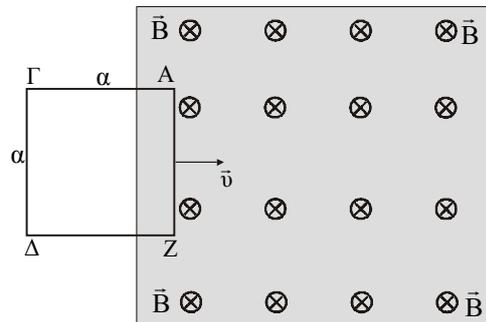
α. Στο βρόχο επάγεται ηλεκτρικό πεδίο κατά την εφαπτομενική διεύθυνση όπως φαίνεται στο σχήμα.

β. Το έργο του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου πάνω σε δοκιμαστικό φορτίο q κατά τη μετακίνησή του μια φορά γύρω - γύρω στο βρόχο είναι $W = qE(2\pi r)$.

γ. Το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο στο δακτύλιο είναι χρονικά μεταβαλλόμενο.

δ. Το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο είναι συντηρητικό.

21. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς a εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} στην περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , όπως φαίνεται στο σχήμα. Κάθε πλευρά του πλαισίου έχει αντίσταση R . Με ποιο ή ποια από τα παρακάτω συμφωνείτε ή διαφωνείτε και γιατί;



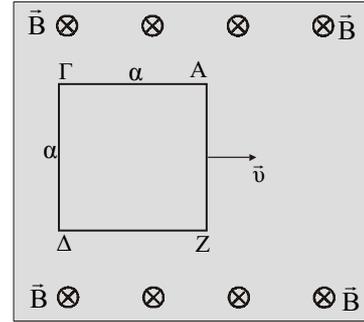
α. Κατά τη διάρκεια εισόδου του πλαισίου ισχύει $V_{AZ} = Bav$.

β. Κατά τη διάρκεια εισόδου του πλαισίου ισχύει $V_{\Gamma\Delta} = \frac{Bav}{4}$.

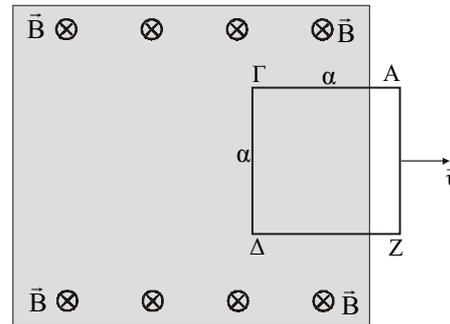
γ. Για να εισέρχεται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα πρέπει να προσφέρουμε σ' αυτό ενέργεια με ρυθμό $P = \frac{B^2 a^2 v^2}{4R}$.

δ. Στο τμήμα της πλευράς ΑΓ που βρίσκεται μέσα στο πεδίο, κατά τη διάρκεια της εισόδου του πλαισίου, δεν ασκείται δύναμη Laplace.

22. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς a , κινείται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} μέσα σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , όπως φαίνεται στο σχήμα. Κάθε πλευρά του πλαισίου έχει αντίσταση R . Με ποιο ή ποια από τα παρακάτω συμφωνείτε ή διαφωνείτε και γιατί;
- α. Η επαγόμενη ΗΕΔ στο πλαίσιο είναι ίση με μηδέν.
 - β. Η διαφορά δυναμικού $V_{AZ} = 0$.
 - γ. Η διαφορά δυναμικού $V_{\Gamma\Delta} = Ba v$.
 - δ. Στην πλευρά AZ ασκείται δύναμη Laplace αντίρροπη της ταχύτητας \vec{v} .



23. Το τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς a εξέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v} από περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , όπως φαίνεται στο σχήμα. Κάθε πλευρά του πλαισίου έχει αντίσταση R . Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;
- α. Η διαφορά δυναμικού $V_{\Gamma\Delta} = Ba v$.

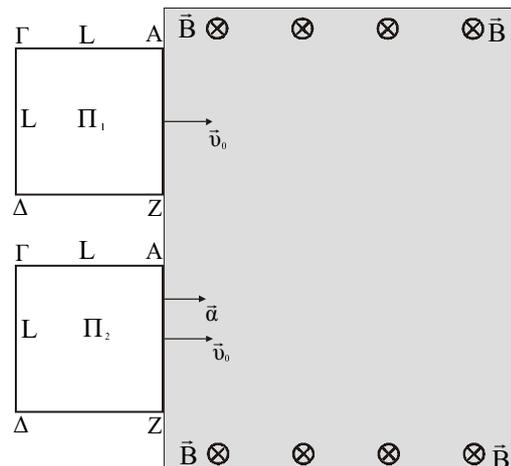


β. Η διαφορά δυναμικού $V_{AZ} = \frac{Bav}{4}$.

γ. Για να εξέρχεται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα, πρέπει να προσφέρουμε σ' αυτό ενέργεια με ρυθμό $P = \frac{B^2 a^2 v^2}{4R}$.

δ. Στο τμήμα της πλευράς $A\Gamma$, που βρίσκεται μέσα στο πεδίο, κατά τη διάρκεια της εξόδου του πλαισίου, δεν ασκείται δύναμη Laplace.

24. Τα τετράγωνα συρμάτινα πλαίσια Π_1 και Π_2 είναι πανομοιότυπα. Κάθε πλευρά έχει αντίσταση R και μήκος L . Τη χρονική στιγμή $t = 0$ βρίσκονται στις θέσεις που φαίνεται στο σχήμα και εισέρχονται στην περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Το πλαίσιο Π_1 εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα \vec{v}_0 ενώ το πλαίσιο Π_2 εισέρχεται με αρχική ταχύτητα \vec{v}_0 εκτελώντας κίνηση ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη. Με ποιο ή ποια από τα παρακάτω συμφωνείτε ή διαφωνείτε και γιατί;



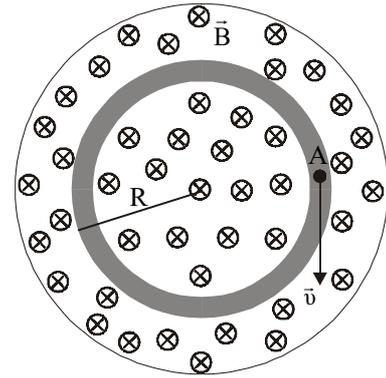
α. Όσο χρόνο διαρκεί η είσοδος του πλαισίου Π_2 , στο πλαίσιο Π_1 επάγεται κάθε χρονική στιγμή μικρότερη ηλεκτρεγερτική δύναμη από εκείνη που επάγεται στο πλαίσιο Π_2 .

β. Κατά τη διάρκεια της εισόδου των πλαισίων περνάει από μια διατομή του σύρματος της πλευράς $\Gamma\Delta$ η ίδια συνολική ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου.

γ. Για να εισέρχεται το πλαίσιο Π_2 με σταθερή επιτάχυνση στην περιοχή του μαγνητικού πεδίου, πρέπει να ασκούμε σ' αυτό σταθερή εξωτερική δύναμη.

δ. Για να εισέρχεται το πλαίσιο Π_1 με σταθερή ταχύτητα στην περιοχή του μαγνητικού πεδίου δε χρειάζεται να ασκούμε σ' αυτό εξωτερική δύναμη.

25. Στο βήτατρο το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με την εξίσωση $B = B_0 \eta \omega t$. Στο σημείο A του δακτυλίου, τη χρονική στιγμή $t = 0$ που αρχίζει να αυξάνεται το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου, εισέρχεται δέσμη ηλεκτρονίων με ταχύτητα \vec{v} . Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;



α. Τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται από ηλεκτροστατικό πεδίο.

β. Στα ηλεκτρόνια μεταφέρεται ενέργεια κατά το χρονικό διάστημα $\left[0, \frac{T}{4}\right]$ ενώ αφαιρείται ενέργεια

από αυτά κατά το χρονικό διάστημα $\left[\frac{T}{4}, \frac{T}{2}\right]$

γ. Η κεντρομόλος επιτάχυνση των ηλεκτρονίων έχει σταθερό μέτρο.

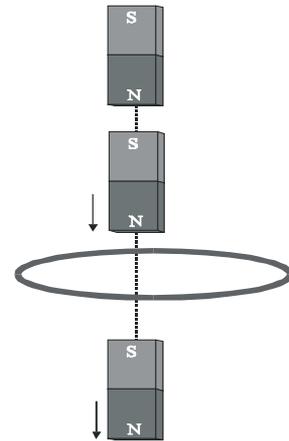
26. Ο μαγνήτης αφήνεται ελεύθερος να κινηθεί κατά μήκος της κατακορύφου που περνάει από το κέντρο του χάλκινου ακίνητου δακτυλίου. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;

α. Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει προς το δακτύλιο δέχεται από αυτόν απωστική δύναμη.

β. Κατά την απομάκρυνσή του από το δακτύλιο ο μαγνήτης δέχεται ελκτική δύναμη.

γ. Η ενέργεια που μεταφέρεται στο μαγνήτη μέσω του έργου του βάρους μετατρέπεται όλη σε κινητική ενέργεια του μαγνήτη.

δ. Ο μαγνήτης κινείται με επιτάχυνση \vec{g} .



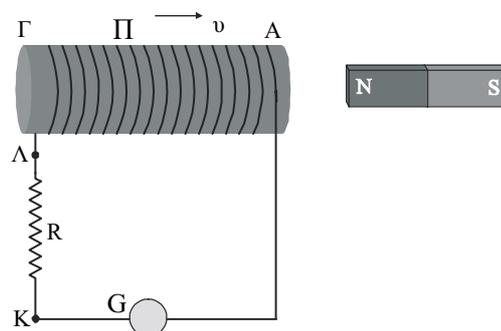
27. Το πηνίο Π κινείται προς το βόρειο πόλο του ακίνητου μαγνήτη με σταθερή ταχύτητα. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;

α. Στο άκρο A του πηνίου εμφανίζεται βόρειος μαγνητικός πόλος.

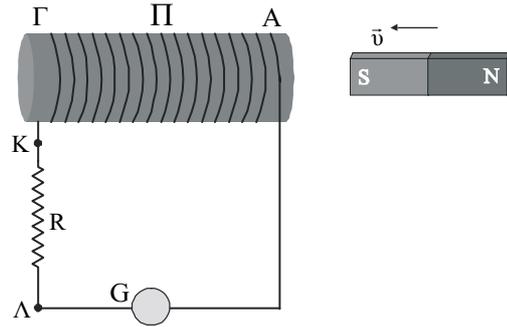
β. Στο άκρο A του πηνίου εμφανίζεται νότιος μαγνητικός πόλος.

γ. Στο πηνίο πρέπει να ασκείται εξωτερική δύναμη για να κινείται προς το μαγνήτη με σταθερή ταχύτητα.

δ. Το ρεύμα στον αντιστάτη R έχει φορά από το $K \rightarrow \Lambda$.



28. Ο μαγνήτης κινείται προς το ακίνητο πηνίο με σταθερή ταχύτητα. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;
- Στο άκρο A του πηνίου εμφανίζεται βόρειος μαγνητικός πόλος.
 - Στο άκρο A του πηνίου εμφανίζεται νότιος μαγνητικός πόλος.
 - Στο μαγνήτη πρέπει να ασκείται εξωτερική δύναμη για να κινείται με σταθερή ταχύτητα.
 - Το ρεύμα στον αντιστάτη R έχει φορά από το K → Λ.



29. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους $L = 1 \text{ m}$ 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.

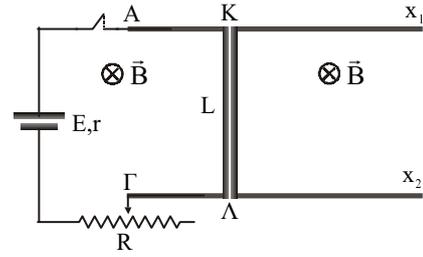
[Απ. (α) $E = 0,8 \text{ V}$, (β) i) $I = 0,4 \text{ A}$, ii) $V_{R_2} = 0,6 \text{ V}$]

30. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ, μάζας $m = 0,4 \text{ kg}$ και μήκους $L = 1 \text{ m}$, μπορεί να ολισθαίνει, ευρισκόμενος συνέχεια σε οριζόντια θέση, χωρίς τριβές, πάνω σε δύο κατακόρυφα χάλκινα σύρματα μεγάλου μήκους. Τα πάνω άκρα των κατακόρυφων συρμάτων είναι ενωμένα με άλλο χάλκινο σύρμα. Η κίνηση του αγωγού γίνεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετο στο επίπεδο των συρμάτων έντασης $B = 1 \text{ T}$. Η αντίσταση του αγωγού ΚΛ είναι $R = 1 \Omega$ ενώ των χάλκινων συρμάτων αμελητέα. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ αφήνουμε τον αγωγό ελεύθερο να κινηθεί, ενώ τη χρονική στιγμή που αποκτά την οριακή του ταχύτητα έρχεται σ' επαφή με τη μια άκρη κατακόρυφου ιδανικού ελατηρίου, του οποίου η άλλη άκρη είναι ακλόνητα στερεωμένη. Τη στιγμή αυτή, ακριβώς, ανοίγουμε ένα διακόπτη που υπάρχει σ' ένα από τα δύο κατακόρυφα σύρματα. Η μέγιστη συμπίεση του ελατηρίου είναι $x = 0,2 \text{ m}$ και $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Να βρείτε τη σταθερά του ελατηρίου.
- Να περιγράψετε όλες τις ενεργειακές μετατροπές από τη στιγμή που αφήνουμε τον αγωγό ελεύθερο μέχρι τη στιγμή της μέγιστης συμπίεσης του ελατηρίου.

[Απ. (α) 200 N/m]

31. Στο κύκλωμα του σχήματος δίνονται: $E = 40 \text{ V}$, $r = 2 \Omega$, $B = 2 \text{ T}$ και $L = 1 \text{ m}$. Ο αγωγός ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών Ax_1 και Γx_2 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_1 και Γx_2 έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Να βρείτε

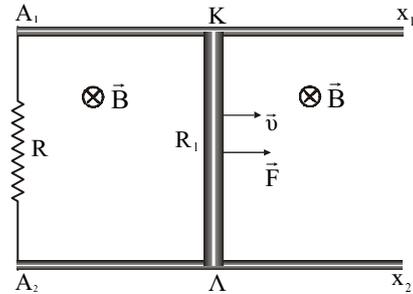


α. τη μέγιστη τιμή της αντίστασης R για την οποία είναι δυνατή η ολίσθηση του αγωγού.

β. την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός όταν είναι $R = 10 \Omega$.

[Απ. (α) 14Ω , (β) 5 m/s]

32. Δύο χάλκινα οριζόντια σύρματα A_1x_1 και A_2x_2 μεγάλου μήκους και αμελητέας αντίστασης είναι παράλληλα και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $L = 1 \text{ m}$. Τα άκρα τους A_1 , A_2 ενώνονται μέσω αντιστάτη $R = 5 \Omega$. Αγωγός ΚΛ, μήκους $L = 1 \text{ m}$ και αντίστασης $R_1 = 3 \Omega$ τοποθετείται με τον άξονά του κάθετο στα σύρματα και κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 8 \text{ m/s}$ με την επίδραση σταθερής δύναμης \vec{F} μέτρου $F = 6 \text{ N}$, η οποία είναι ομόρροπη της ταχύτητας και κάθετη στον άξονα του αγωγού. Η διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2 \text{ T}$.



α. Πόση ΗΕΔ αναπτύσσεται στον αγωγό ΚΛ;

β. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού V_{KL} ;

γ. 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;

δ. Με ποιο ρυθμό μεταφέρεται ενέργεια στον αγωγό ΚΛ μέσω του έργου της \vec{F} ;

ε. Με ποιο ρυθμό μετατρέπεται ενέργεια σε θερμική, λόγω φαινομένου Joule;

στ. Με ποιο ρυθμό μετατρέπεται ενέργεια σε θερμική ενέργεια;

[Απ. (α) 16 V , (β) 10 V , (γ) $F_L = 4 \text{ N}$, $T = 2 \text{ N}$, (δ) 48 W , (ε) 32 W , (στ) 48 W]

33. Τα άκρα Γ και Δ δύο παράλληλων οριζόντιων αγωγών ΓM και ΔN , οι οποίοι δεν έχουν ωμική αντίσταση, συνδέονται με ένα αμπερόμετρο εσωτερικής αντίστασης $r = 2 \Omega$. Επάνω στο επίπεδο των δύο αγωγών είναι τοποθετημένος, κάθετα προς τη διεύθυνσή τους, άλλος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους $L = 0,5 \text{ m}$, ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Η μάζα του αγωγού ΚΛ είναι $m = 5 \text{ kg}$ και η αντίστασή του $R = 8 \Omega$. Το σύστημα των τριών αγωγών βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση $B = 2 \text{ T}$ είναι κάθετη στο επίπεδο των δύο αγωγών. Από τη χρονική στιγμή $t = 0$, κατά την οποία ο αγωγός ΚΛ έχει ταχύτητα $v_0 = 12 \text{ m/s}$ παράλληλη προς τους αγωγούς ΓM και ΔN , ασκείται εξωτερική δύναμη \vec{F} ομόρροπη προς την ταχύτητα. Ο αγωγός ΚΛ αποκτά σταθερή επιτάχυνση $a = 2 \text{ m/s}^2$ ομόρροπη προς την ταχύτητα.

α. Να υπολογίσετε και να αποδώσετε γραφικά την ένταση του ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο.

β. Να βρείτε το φορτίο που περνάει από το αμπερόμετρο κατά τα 5 πρώτα δευτερόλεπτα.

γ. Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η ένταση του ρεύματος.

δ. Να υπολογίσετε την εξωτερική δύναμη \vec{F} κατά τη χρονική στιγμή $t = 5 \text{ s}$.
 [Απ. (α) $I = 1,2 + 0,2 t \text{ (SI)}$, (β) $8,5 \text{ C}$, (γ) $0,2 \text{ A/s}$, (δ) $12,2 \text{ N}$]

34. Τα άκρα Γ και Δ δύο παράλληλων οριζώντιων σιδηροτροχιών $\Gamma\chi_1$ και $\Delta\chi_2$, οι οποίες έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση, συνδέονται με ένα αμπερόμετρο εσωτερικής αντίστασης $r = 2 \ \Omega$. Επάνω στο επίπεδο των δύο σιδηροτροχιών ηρεμεί, τοποθετημένος κάθετα προς τη διεύθυνσή τους, άλλος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους $L = 1 \text{ m}$, ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Ο αγωγός ΚΛ έχει μάζα $m = 2 \text{ kg}$ και αντίσταση $R = 2 \ \Omega$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να ενεργεί στο μέσο του αγωγού ΚΛ εξωτερική δύναμη \vec{F} , κάθετη στον άξονά του, παράλληλη στη διεύθυνση των σιδηροτροχιών κατά την κατεύθυνση $\Gamma\chi_1$. Ο αγωγός κινείται με σταθερή επιτάχυνση $a = 2 \text{ m/s}^2$. Το σύστημα των σιδηροτροχιών και του αγωγού βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση $B = 1 \text{ T}$ είναι κάθετη στο επίπεδο των σιδηροτροχιών.

α. Να βρείτε τις εξισώσεις από τις οποίες είναι δυνατό να υπολογιστούν κάθε στιγμή
 i) η ένταση του ρεύματος.

ii) η αλγεβρική τιμή της εξωτερικής δύναμης \vec{F} .

β. Να υπολογίσετε το φορτίο που περνάει από το αμπερόμετρο κατά τη διάρκεια του 3ου δευτερολέπτου.

γ. Να βρείτε την ώθηση της εξωτερικής δύναμης \vec{F} από $t_1 = 2 \text{ s}$ μέχρι $t_2 = 4 \text{ s}$.

δ. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 4 \text{ s}$ να βρείτε

i) την ορμή του αγωγού.

ii) το ρυθμό μεταβολής της κινητικής του ενέργειας.

[Απ. (α) $I = 0,5 t \text{ (SI)}$, $F = 4 + 0,5 t \text{ (SI)}$, (β) $1,25 \text{ C}$, (γ) $11 \text{ N}\cdot\text{s}$,
 (δ) 16 kgm/s , 32 J/s]

35. Τα άκρα ευθύγραμμου αγωγού ο οποίος έχει μήκος $L = 1 \text{ m}$, μάζα $m = 1 \text{ kg}$ και αντίσταση $R_1 = 0,05 \ \Omega$, μπορούν να ολισθαίνουν χωρίς τριβές πάνω σε δύο κατακόρυφους μεταλλικούς στύλους μηδενικής αντίστασης. Οι δύο στύλοι ενώνονται στο πάνω μέρος με σύρμα ωμικής αντίστασης $R_2 = 0,15 \ \Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$, το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν ο αγωγός και η ταχύτητά του. Αρχικά ο αγωγός είναι ακίνητος. Κάποια στιγμή αφήνεται να ολισθήσει και αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα αφού πέσει κατά $h = 2 \text{ m}$. Να βρείτε

α. τη σταθερή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός.

β. το ρυθμό με τον οποίο αναπτύσσεται θερμότητα Joule σε καθένα από τους αντιστάτες R_1 και R_2 , κατά τη χρονική στιγμή που ο αγωγός αποκτά σταθερή ταχύτητα.

γ. τη θερμότητα Joule που αναπτύχθηκε σε καθένα από τους αντιστάτες R_1 και R_2 στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο κινήθηκε ο αγωγός, από την αρχική του θέση μέχρι τη θέση που θα αποκτήσει σταθερή ταχύτητα.

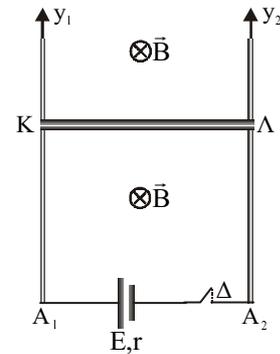
Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.

[Απ. (α) 2 m/s , (β) 5 W , 15 W , (γ) $Q_{R1} = 4,5 \text{ J}$, $Q_{R2} = 13,5 \text{ J}$]

- 36.** Δύο οριζόντιοι παράλληλοι αγωγοί Αx και Γy, αμελητέας ωμικής αντίστασης, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$. Μεταξύ των άκρων Α και Γ συνδέεται, μέσω ενός διακόπτη δ, πηγή συνεχούς ρεύματος με ΗΕΔ $E = 8 \text{ V}$ και εσωτερική αντίσταση $r = 1 \ \Omega$. Αγωγός μήκους $L = 1 \text{ m}$, μάζας $m = 0,4 \text{ kg}$ και ωμικής αντίστασης $R = 3 \ \Omega$ έχει τα άκρα του Κ, Λ πάνω στους παράλληλους αγωγούς Αx και Γy και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$. Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος και βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την πηγή. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνει ο διακόπτης δ και ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές, απομακρυνόμενος από την πηγή. Μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα. Ο αγωγός έχει επιτάχυνση $a = 3 \text{ m/s}^2$ κάποια χρονική στιγμή t_1 πριν αποκτήσει σταθερή ταχύτητα.
- α.** Να σχεδιάσετε την όλη διάταξη και να υπολογίσετε τη σταθερή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός.
- β.** Να βρείτε την ώθηση της δύναμης Laplace από τη χρονική στιγμή t_1 μέχρι τη χρονική στιγμή κατά την οποία ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα.

[Απ. (α) 8 m/s , (β) $1,92 \text{ Ns}$]

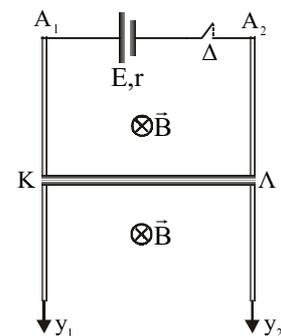
- *37.** Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί A_1y_1 και A_2y_2 απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$ και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα A_1 και A_2 συνδέονται μέσω διακόπτη Δ με πηγή συνεχούς ρεύματος ΗΕΔ $E = 8 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 1 \ \Omega$. Αγωγός ΚΛ μήκους $L = 1 \text{ m}$, μάζας $m = 0,1 \text{ kg}$ και ωμικής αντίστασης $R = 3 \ \Omega$ έχει τα άκρα του Κ, Λ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς A_1y_1 και A_2y_2 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$ το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών A_1y_1 και A_2y_2 . Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος και είναι δυνατό να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών χωρίς τριβές. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνει ο διακόπτης Δ και ο αγωγός ΚΛ αφήνεται ελεύθερος. Μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα.



- α.** Να βρείτε την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός ΚΛ.
- β.** Με ποιο ρυθμό μεταφέρεται ενέργεια, από την πηγή, σε όλο το κύκλωμα όταν ο αγωγός κινείται με την οριακή του ταχύτητα;
- γ.** Σε ποιες μορφές ενέργειας μετατρέπεται η ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή σε όλο το κύκλωμα, όταν ο αγωγός κινείται με την οριακή του ταχύτητα; Με ποιο ρυθμό γίνεται η μετατροπή ενέργειας σε κάθε μορφή; ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

[Απ. (α) 4 m/s , (β) 8 W , (γ) $P_\theta = 4 \text{ W}$, $P_\Delta = 4 \text{ W}$]

- 38.** Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί A_1y_1 και A_2y_2 απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$ και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα A_1 , A_2 συνδέονται μέσω διακόπτη Δ με πηγή συνεχούς ρεύματος ΗΕΔ $E = 20 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 2 \ \Omega$. Αγωγός ΚΛ μήκους $L = 1 \text{ m}$, μάζας $m = 0,3 \text{ kg}$ και ωμικής αντίστασης $R = 8 \ \Omega$ έχει τα άκρα του Κ, Λ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς A_1y_1 και A_2y_2 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πε-



δίο έντασης $B = 1 \text{ T}$ το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών A_1y_1 και A_2y_2 . Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος και είναι δυνατό να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών χωρίς τριβές. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνει ο διακόπτης Δ και ο αγωγός ΚΛ αφήνεται ελεύθερος. Μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα.

α. Να βρείτε την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός ΚΛ.

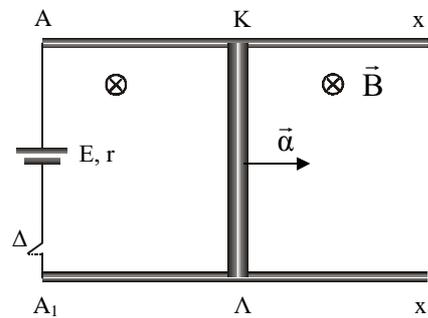
β. Όταν ο αγωγός κινείται με την οριακή του ταχύτητα πόση είναι η διαφορά δυναμικού $V_{ΚΛ}$;

γ. Να βρείτε την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός όταν το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι i) $B_1 = 1,5 \text{ T}$, ii) $B_2 = 2 \text{ T}$.

($g = 10 \text{ m/s}^2$)

[Απ. (α) 10 m/s , (β) 14 V , (γ) i) 0 m/s , ii) $2,5 \text{ m/s}$ προς τα πάνω]

- 39.** Δύο οριζόντιοι παράλληλοι αγωγοί Ax και A_1x_1 , αμελητέας ωμικής αντίστασης, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$. Μεταξύ των άκρων A και A_1 συνδέεται μέσω ενός διακόπτη Δ πηγή συνεχούς ρεύματος ΗΕΔ $E = 10 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 1 \Omega$. Αγωγός μήκους $L = 1 \text{ m}$ και ωμικής αντίστασης $R = 4 \Omega$ έχει τα άκρα του K, Λ πάνω στους αγωγούς Ax και A_1x_1 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή όπου επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$. Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνει ο διακόπτης Δ και το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα. Ο αγωγός ΚΛ υπό την επίδραση εξωτερικής δύναμης αποκτά σταθερή επιτάχυνση $\alpha = 1 \text{ m/s}^2$. Να βρείτε



α. τη σχέση $I = f(t)$ και να την παραστήσετε γραφικά.

β. τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες η ένταση του ρεύματος έχει τιμή 1 A .

γ. την ταχύτητα του αγωγού όταν η ένταση του ρεύματος έχει τιμή 1 A .

δ. το φορτίο που περνάει από μια διατομή του αγωγού i) στα πέντε πρώτα δευτερόλεπτα της κίνησης, ii) στο χρονικό διάστημα που καθορίζουν οι χρονικές στιγμές κατά τις οποίες η ένταση του ρεύματος έχει τιμή 1 A .

[Απ. (α) $I = (2 - 0,2t) \text{ SI}$, (β) $5 \text{ s}, 15 \text{ s}$, (γ) $5 \text{ m/s}, 15 \text{ m/s}$, (δ) i) $7,5 \text{ C}$, ii) 0]

- 40.** Δύο παράλληλες σιδερένιες ράβδοι αμελητέας ωμικής αντίστασης απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$, σχηματίζουν με τον οριζοντα γωνία $\varphi = 30^\circ$ και συνδέονται στο κάτω άκρο τους με σύρμα αντίστασης $R_1 = 1 \Omega$. Από το πάνω μέρος των ράβδων αφήνεται να ολισθήσει χωρίς τριβή κατά μήκος τους ένας πρισματικός αγωγός ΚΛ, μάζας $m = 0,6 \text{ kg}$, μήκους $L = 1 \text{ m}$ και αντίστασης $R_2 = 2 \Omega$. Οι ράβδοι, το σύρμα και ο αγωγός σχηματίζουν κλειστό ορθογώνιο βρόχο. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή όπου επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = \sqrt{3} \text{ T}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές έχουν φορά προς τα κάτω. Ο αγωγός ΚΛ μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα.

α. Να βρείτε την οριακή ταχύτητα v_0 που αποκτά ο αγωγός.

β. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων του αγωγού όταν αυτός κινείται με την οριακή του ταχύτητα;

γ. Όταν ο αγωγός κινείται με ταχύτητα μέτρου $v = v_0/2$, να βρείτε τους ρυθμούς

$$\text{i) } P_K = \frac{\Delta E_K}{\Delta t}, \quad \text{ii) } P_\Theta \quad \text{iii) } P_\Delta = \frac{\Delta E_\Delta}{\Delta t}$$

δ. Τι θα άλλαζε αν το \vec{B} είχε φορά προς τα πάνω; ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$[\text{Απ. (α) } 4 \text{ m/s, (β) } 2 \text{ V, (γ) i) } 3 \text{ J/s, ii) } 3 \text{ J/s, iii) } -6 \text{ J/s} \\ (\delta) \text{ Αλλάζει η φορά του ρεύματος}]$$

- *41. Δύο παράλληλες σιδερένιες ράβδοι, αμελητέας ωμικής αντίστασης, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$, σχηματίζουν με τον οριζόντια γωνία $\varphi = 30^\circ$ και συνδέονται στο κάτω άκρο τους με σύρμα αντίστασης $R_1 = 2 \Omega$. Από το πάνω άκρο των ράβδων αφήνεται να ολισθήσει χωρίς τριβή κατά μήκος τους ένας πρισματικός αγωγός ΚΛ, μήκους $L = 1 \text{ m}$, με μάζα $m = 0,1 \text{ kg}$ και αντίσταση $R_2 = 0,5 \Omega$. Ο αγωγός μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα. Τα άκρα Κ, Λ του αγωγού εφάπτονται συνεχώς στις ράβδους. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή όπου επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$, του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στον αγωγό.

α. Να βρείτε την οριακή ταχύτητα v_0 που αποκτά ο αγωγός.

β. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων του αγωγού όταν κινείται με την οριακή του ταχύτητα;

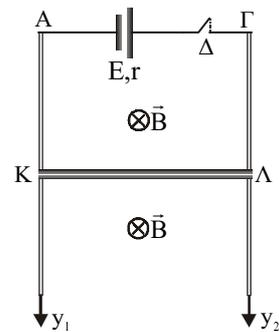
γ. Όταν ο αγωγός κινείται με ταχύτητα μέτρου $v = \frac{2}{5}v_0$, να βρείτε τους ρυθμούς

$$\text{i) } P_K = \frac{\Delta E_K}{\Delta t}, \quad \text{ii) } P_\Theta \quad \text{iii) } P_\Delta = \frac{\Delta E_\Delta}{\Delta t}.$$

($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$[\text{Απ. (α) } 5 \text{ m/s, (β) } 2 \text{ V, (γ) i) } 0,6 \text{ J/s, ii) } 0,4 \text{ J/s, iii) } -1 \text{ J/s}]$$

42. Οι σιδερένιες ράβδοι Ay_1 και Γy_2 είναι παράλληλες κατακόρυφες και με αμελητέα ωμική αντίσταση. Η πηγή συνεχούς ρεύματος έχει ΗΕΔ $E = 4 \text{ V}$ και εσωτερική αντίσταση $r = 1 \Omega$. Ο αγωγός ΚΛ μάζας $m = 0,2 \text{ kg}$, μήκους $L = 1 \text{ m}$ και αντίστασης $R = 3 \Omega$ μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβή κατά μήκος των ράβδων, παραμένοντας σε συνεχή επαφή με αυτές. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετο στο επίπεδο των ράβδων έντασης $B = 1 \text{ T}$. Ο διακόπτης Δ αρχικά είναι ανοικτός και ο αγωγός ΚΛ διατηρείται ακίνητος. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη Δ και αφήνουμε ελεύθερο τον αγωγό ο οποίος μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή ταχύτητα). Να βρείτε



α. την ταχύτητα του αγωγού τη στιγμή κατά την οποία η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται.

β. την οριακή ταχύτητα του αγωγού.

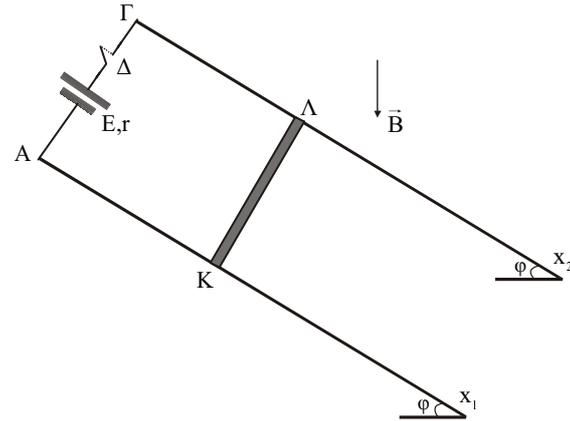
γ. το ρυθμό με τον οποίο μετατρέπεται ενέργεια σε θερμική στους αντιστάτες, τη στιγμή κατά την οποία η ταχύτητα του αγωγού είναι $v = 2 \text{ m/s}$.

δ. τη διαφορά δυναμικού $V_{ΚΛ}$ τη στιγμή κατά την οποία η ταχύτητα του αγωγού είναι $v = 2 \text{ m/s}$.

$$(g = 10 \text{ m/s}^2)$$

$$[\text{Απ. (α) } 4 \text{ m/s, (β) } 12 \text{ m/s, (γ) } 1 \text{ J/s, (δ) } -3,5 \text{ V}]$$

- *43.** Οι σιδερένιες ράβδοι Ax_1 και Γx_2 είναι παράλληλες, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$ και έχουν αμελητέα εσωτερική αντίσταση. Το επίπεδο των ράβδων σχηματίζει με το οριζόντιο γωνία $\varphi = 30^\circ$. Ο αγωγός $ΚΛ$, μάζας $m = 0,3 \text{ kg}$, μήκους $L = 1 \text{ m}$ και αντίστασης $R = 5 \Omega$, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβή κατά μήκος των ράβδων, παραμένοντας σε συνεχή επαφή με αυτές. Η πηγή συνεχούς ρεύματος έχει ΗΕΔ $E = 3 \text{ V}$ και εσωτερική αντίσταση $r = 1 \Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = \sqrt{3} \text{ T}$. Ο διακόπτης Δ αρχικά είναι ανοικτός και ο αγωγός $ΚΛ$ διατηρείται ακίνητος. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη Δ και αφήνουμε ελεύθερο τον αγωγό ο οποίος μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή ταχύτητα). Να βρείτε



- α. την ταχύτητα του αγωγού τη στιγμή που η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται.
- β. την οριακή ταχύτητα του αγωγού.
- γ. τη διαφορά δυναμικού $V_{ΚΛ}$ όταν ο αγωγός κινείται με την οριακή του ταχύτητα. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

[Απ. (α) 2 m/s , (β) 6 m/s , (γ) -4 V]

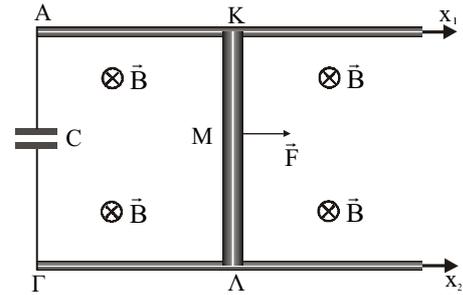
- *44.** Δύο σύρματα χρωμονικελίνης πολύ μεγάλου μήκους ενώνονται έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία $x_1 \hat{O} x_2 = 60^\circ$ της οποίας το επίπεδο είναι οριζόντιο και κάθετο στη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ T}$. Ένα άλλο σύρμα χρωμονικελίνης yy' , πολύ μεγάλου μήκους, βρίσκεται τη χρονική στιγμή $t = 0$ στην κορυφή της γωνίας, είναι κάθετο στη διχοτόμο της και αρχίζει να κινείται χωρίς τριβή με σταθερή ταχύτητα $v = 0,6 \text{ m/s}$ παραμένοντας κάθετο στη διχοτόμο και σε συνεχή επαφή με τα σύρματα Ox_1 και Ox_2 .

Η αντίσταση ανά μέτρο μήκους για κάθε σύρμα είναι $R^* = \sqrt{3} \frac{\Omega}{\text{m}}$. Να βρείτε

- α. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
- β. την απαιτούμενη εξωτερική δύναμη σε συνάρτηση με το χρόνο που πρέπει να ασκείται στον κινούμενο αγωγό yy' για να διατηρείται ομαλή η κίνησή του.
- γ. την ενέργεια που μεταφέρεται, μέσω του έργου της εξωτερικής δύναμης, στον κινούμενο αγωγό κατά το χρονικό διάστημα από $t_1 = 10 \text{ s}$ έως $t_2 = 20 \text{ s}$.

[Απ. (α) $I = 0,1 \text{ A}$, (β) $F = 6 \cdot 10^{-2} t \text{ (SI)}$, (γ) $W = 5,4 \text{ J}$]

45. Δύο οριζόντιοι παράλληλοι αγωγοί Ax_1 και Γx_2 αμελητέας ωμικής αντίστασης απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$. Μεταξύ των άκρων A και Γ συνδέεται αφόρτιστος πυκνωτής χωρητικότητας $C = 2 \cdot 10^{-3} \text{ F}$. Αγωγός μήκους $L = 1 \text{ m}$, μάζας $m = 98 \text{ g}$ και αμελητέας ωμικής αντίστασης έχει τα άκρα του K, Λ πάνω στους παράλληλους αγωγούς Ax_1 και Γx_2 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$. Αρχικά ο αγωγός $K\Lambda$ είναι ακίνητος. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να ενεργεί στον αγωγό $K\Lambda$ σταθερή οριζόντια δύναμη $F = 0,2 \text{ N}$ κάθετη στον άξονά του και στο μέσο του M . Μεταξύ των αγωγών $Ax_1, \Gamma x_2$ και του αγωγού $K\Lambda$ δεν υπάρχει τριβή.

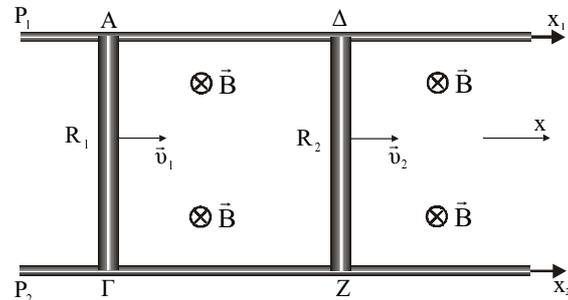


- α. Να βρείτε την επιτάχυνση που αποκτά ο αγωγός.
 β. Να βρείτε την εξίσωση από την οποία είναι δυνατό να υπολογιστεί το φορτίο του πυκνωτή κάθε στιγμή.
 γ. Σε ποιες μορφές ενέργειας μετατρέπεται η ενέργεια που μεταφέρεται στον αγωγό $K\Lambda$ μέσω του έργου της \vec{F} ;

[Απ. (α) 2 m/s^2 , (β) $Q = 4 \cdot 10^{-3} \text{ t (SI)}$,

- (γ) i) Σε ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή μέσω του έργου της F_L .
 ii) Σε κινητική ενέργεια του αγωγού μέσω του έργου της συνισταμένης $F - F_L$]

46. Δύο οριζόντιοι παράλληλοι αγωγοί P_1x_1 και P_2x_2 απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1 \text{ m}$. Οι αγωγοί $A\Gamma$ και ΔZ μήκους $L = 1 \text{ m}$ ο καθένας, με αντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$ και $R_2 = 3 \Omega$ αντίστοιχα, έχουν τα άκρα τους A, Γ και Δ, Z πάνω στους αγωγούς P_1x_1 και P_2x_2 και είναι κάθετοι σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$.



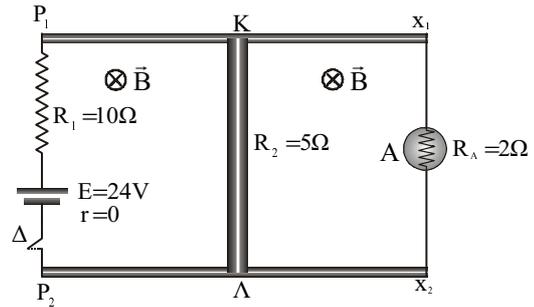
Οι αγωγοί $A\Gamma$ και ΔZ μπορούν να ολισθαίνουν κατά μήκος των αγωγών P_1x_1 και P_2x_2 χωρίς τριβή.

Να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το βρόχο $A\Delta Z\Gamma A$ και να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού $V_{A\Gamma}$, όταν οι αγωγοί έχουν σταθερές ταχύτητες:

- α. $v_1 = 1 \text{ m/s}$ $v_2 = 2 \text{ m/s}$
 β. $v_1 = -1 \text{ m/s}$ $v_2 = 2 \text{ m/s}$
 γ. $v_1 = 2 \text{ m/s}$ $v_2 = 2 \text{ m/s}$
 δ. $v_1 = 0$ $v_2 = 2 \text{ m/s}$

[Απ. (α) $0,2 \text{ A}$, $1,4 \text{ V}$, (β) $0,6 \text{ A}$, $0,2 \text{ V}$, (γ) 0 A , 2 V , (δ) $0,4 \text{ A}$, $0,8 \text{ V}$]

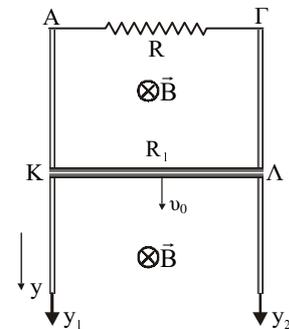
47. Δύο οριζόντιοι παράλληλοι αγωγοί P_1x_1 και P_2x_2 , αμελητέας ωμικής αντίστασης και μεγάλου μήκους, απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1$ m. Μεταξύ των άκρων P_1 και P_2 συνδέονται σε σειρά αντιστάτης $R_1 = 10 \Omega$, πηγή συνεχούς ρεύματος με στοιχείο ταυτότητας $E = 24$ V, $r = 0$ και διακόπτης Δ . Μεταξύ των άκρων x_1 και x_2 συνδέεται αμπερόμετρο εσωτερικής αντιστάσεως $R_A = 2 \Omega$. Αγωγός μήκους $L = 1$ m και αντίστασης $R_2 = 5 \Omega$ έχει τα άκρα του K, Λ πάνω στους παράλληλους αγωγούς P_1x_1 και P_2x_2 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 0,5$ T. Ο αγωγός είναι ακίνητος και ο διακόπτης Δ ανοικτός. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη Δ . Τριβή δεν υπάρχει.



α. Ποια είναι η κατεύθυνση της δύναμης που ασκείται από το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό $K\Lambda$; Ποιο είναι το αποτέλεσμα αυτής της δύναμης;
β. Να βρείτε την εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό $K\Lambda$ σε συνάρτηση με την ταχύτητά του. Τι συμπεραίνετε για την ένταση του ρεύματος;
γ. Ποιο θα είναι το μέτρο της οριακής ταχύτητας που τελικά θα αποκτήσει ο αγωγός $K\Lambda$;
δ. Ποια είναι η ένδειξη του αμπερομέτρου όταν ο αγωγός κινείται με την οριακή του ταχύτητα;

[Απ. (α) Προς τα δεξιά. Επιταχύνει τον αγωγό. (β) $I = 0,6 - 0,075 v$ (SI) (γ) 8 m/s, (δ) 2 A]

- *48. Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί Ay_1 και Γy_2 απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $L = 1$ m και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα A, Γ συνδέονται με αντιστάτη $R = 2 \Omega$. Αγωγός $K\Lambda$ μήκους $L = 1$ m, μάζας $m = 0,2$ kg και ωμικής αντίστασης $R_1 = 6 \Omega$ έχει τα άκρα του K, Λ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς Ay_1 και Γy_2 και είναι κάθετος σ' αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2$ T το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών Ay_1 και Γy_2 . Αρχικά ο αγωγός $K\Lambda$ είναι ακίνητος και είναι δυνατό να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών χωρίς τριβές. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ εκτοξεύουμε τον αγωγό $K\Lambda$ κατακόρυφα προς τα κάτω, κατά μήκος των αγωγών Ay_1 και Γy_2 , με αρχική ταχύτητα $v_0 = 12$ m/s και μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα.



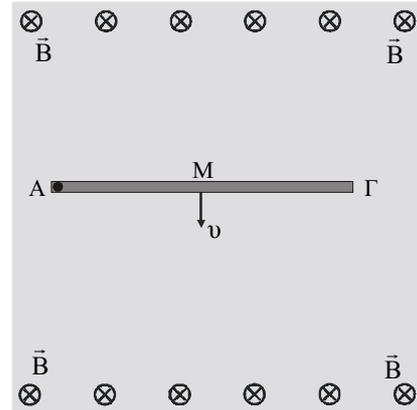
- α.** Να βρείτε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στον αγωγό $K\Lambda$ αμέσως μετά την εκτόξευσή του. Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα της συνισταμένης δύναμης που θα ασκείται στη συνέχεια στον αγωγό $K\Lambda$;
β. Να βρείτε το μέτρο της οριακής ταχύτητας που αποκτά ο αγωγός.
γ. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού $V_{K\Lambda}$ όταν ο αγωγός κινείται με την οριακή του ταχύτητα;
δ. Ποιες μετατροπές ενέργειας πραγματοποιούνται από τη στιγμή που εκτοξεύεται ο αγωγός μέχρι τη στιγμή που αποκτά την οριακή του ταχύτητα; ($g = 10$ m/s²)

[Απ. (α) - 4 N, επιβράδυνση του αγωγού, (β) 4 m/s, (γ) - 2 V]

49. Ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ μήκους $L = 1 \text{ m}$ περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 10 \text{ rad/s}$ γύρω από άξονα που διέρχεται από το άκρο του Α και είναι κάθετος σ' αυτόν. Ο αγωγός διαγράφει επιφάνεια κάθετη στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B = 0,5 \text{ T}$.

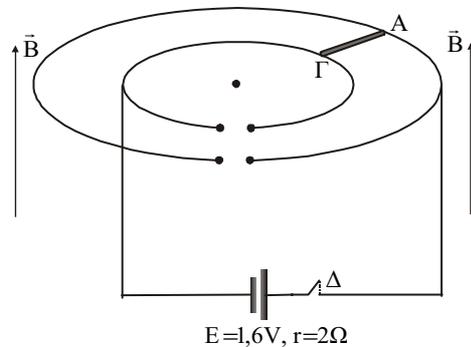
α. Να υπολογίσετε την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό ΑΓ.

β. Να εκφράσετε την ΗΕΔ από επαγωγή σε συνάρτηση με τα μεγέθη B , L , v όπου v η ταχύτητα του μέσου Μ του αγωγού.



[Απ. (α) 2,5 V με (+) στο Γ, (β) $E_{επ} = LvB$]

50. Το επίπεδο δύο ομόκεντρων κυκλικών αγωγών, αμελητέας ωμικής αντίστασης είναι οριζόντιο. Οι ακτίνες των αγωγών είναι $R_1 = 0,5 \text{ m}$ και $R_2 = 0,3 \text{ m}$ αντίστοιχα. Αγωγός ΓΑ μήκους $L = 0,2 \text{ m}$ συνδέεται με τους αγωγούς, όπως φαίνεται στο σχήμα, για να μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές ευρισκόμενος σε συνεχή επαφή με αυτούς. Συνδέουμε τους αγωγούς με τους πόλους πηγής συνεχούς τάσης ΗΕΔ $E = 1,6 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 2 \Omega$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη Δ και ο αγωγός μετά από λίγο αποκτά σταθερή (οριακή) γωνιακή ταχύτητα.



α. Να βρείτε την οριακή γωνιακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός.

β. Να βρείτε τη μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.

[Απ. (α) 20 rad/s, (β) 0,8 A]

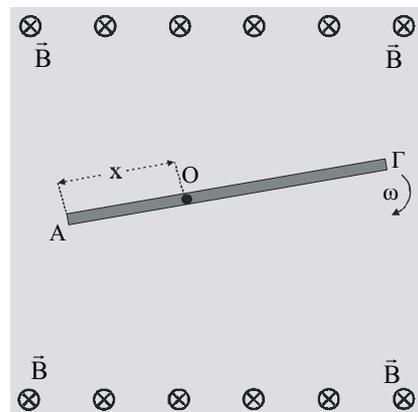
51. Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ, μήκους $L = 3 \text{ m}$ περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 20 \text{ rad/s}$ γύρω από άξονα που διέρχεται από σημείο του Ο, το οποίο απέχει από το Α απόσταση $x \text{ (m)}$. Ο άξονας είναι κάθετος στον αγωγό και παράλληλος στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου \vec{B} , το οποίο έχει ένταση $B = 0,5 \text{ T}$.

α. Πόση είναι η τάση από επαγωγή που αναπτύσσεται μεταξύ του κάθε άκρου του αγωγού και του σημείου Ο, από το οποίο περνάει ο άξονας, σε συνάρτηση με την απόσταση x .

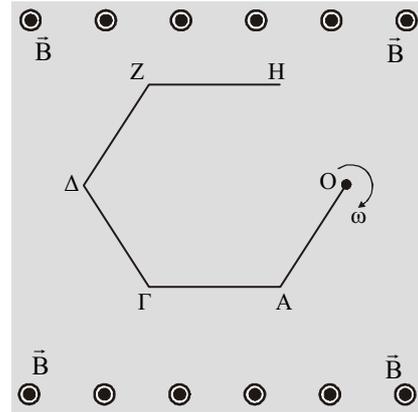
β. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού $V_{ΑΓ}$ σε συνάρτηση με την απόσταση x ;

γ. Να παραστήσετε γραφικά τη συνάρτηση $V_{ΑΓ} = f(x)$.

[Απ. (α) $E_1 = 5x^2$, $E_2 = 5(3 - x)^2$ (SI), (β) $V_{ΑΓ} = 30x - 45$ (SI)]

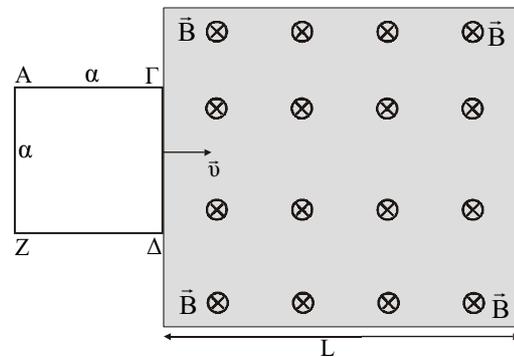


52. Ο αγωγός ΟΑΓΔΖΗ, αποτελείται από πέντε ευθύγραμμα σύρματα τα οποία είναι διαδοχικές πλευρές κανονικού εξαγώνου με μήκος $L = 1 \text{ m}$ και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 20 \text{ rad/s}$ μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$. Το επίπεδο του αγωγού είναι παράλληλο με το επίπεδο της σελίδας, ο άξονας περιστροφής περνάει από το άκρο Ο και είναι παράλληλος με τις δυναμικές γραμμές του \vec{B} . Να βρείτε τις διαφορές δυναμικού: V_{OA} , V_{OG} , V_{OD} , V_{OZ} , V_{OH} , V_{AG} , V_{AD} , V_{AZ} και V_{AH} .



[Απ. $V_{OA} = 10 \text{ V}$, $V_{OG} = 30 \text{ V}$, $V_{OD} = 40 \text{ V}$, $V_{OZ} = 30 \text{ V}$, $V_{OH} = 10 \text{ V}$
 $V_{AG} = 20 \text{ V}$, $V_{AD} = 30 \text{ V}$, $V_{AZ} = 20 \text{ V}$, $V_{AH} = 0$]

53. Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο έχει πλευρά $a = 0,2 \text{ m}$ και διέρχεται με σταθερή ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$ από περιοχή που υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} κάθετο στο επίπεδο και την ταχύτητα του πλαισίου. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει μέτρο $B = 0,5 \text{ T}$, το πλάτος της περιοχής από την οποία διέρχεται το πλαίσιο είναι $L = 0,8 \text{ m}$ και η ωμική αντίσταση του πλαισίου είναι $R = 0,1 \Omega$.



Θεωρούμε αρχή του χρόνου $t = 0$ τη στιγμή κατά την οποία η δεξιά πλευρά του πλαισίου βρίσκεται ακριβώς στην αριστερή πλευρά του πεδίου.

A. Για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η διέλευση του πλαισίου από το πεδίο, να βρείτε τις εξισώσεις που περιγράφουν σε συνάρτηση με το χρόνο

- α. τη μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο.
- β. την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.
- γ. την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- δ. το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται στο πλαίσιο.
- ε. το ρυθμό μετατροπής ενέργειας σε θερμική λόγω φαινομένου Joule.

B. Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις $\Phi = f(t)$, $E_{επ} = f(t)$, $I_{επ} = f(t)$, $F_L = f(t)$, $P_{\theta} = f(t)$ σε βαθμολογημένους άξονες.

$$\text{Απ. Α. (α) } \Phi = \begin{cases} B a v t & 0 \leq t \leq \frac{a}{v} \\ B a^2 & \frac{a}{v} \leq t \leq \frac{L}{v} \\ B a^2 + B a L - B a v t & \frac{L}{v} \leq t \leq \frac{L+a}{v} \\ 0 & \frac{L+a}{v} \leq t \end{cases}$$

54. Για το συρμάτινο πλαίσιο του προβλήματος (53)

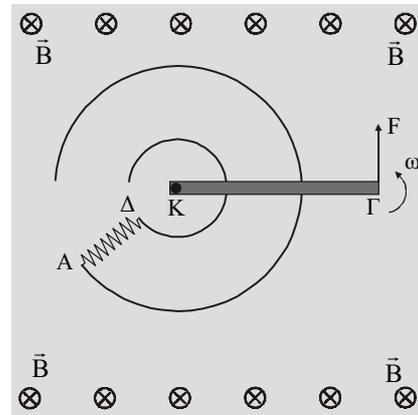
α. να βρείτε τη διαφορά δυναμικού $V_{\Gamma\Delta}$ κατά τη διάρκεια

- i) της εισόδου του στο πεδίο.
- ii) της κίνησής του μέσα στο πεδίο.
- iii) της εξόδου του από το πεδίο

β. να κάνετε τη γραφική παράσταση της συνάρτησης $V_{\Gamma\Delta} = f(t)$.

$$\text{Απ. (α)} \quad V_{\Gamma\Delta} = \begin{cases} 75 \text{ mV} & 0 \leq t \leq 0,2 \text{ s} \\ 100 \text{ mV} & 0,2 \text{ s} \leq t \leq 0,8 \text{ s} \\ 25 \text{ mV} & 0,8 \text{ s} \leq t \leq 1 \text{ s} \\ 0 & 1 \text{ s} \leq t \end{cases}$$

*55. Δύο ομόκεντροι και συνεπίπεδοι κυκλικοί αγωγοί με ακτίνες $L_1 = 1 \text{ m}$ και $L_2 = 2 \text{ m}$ είναι τοποθετημένοι σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $B = 5 \text{ T}$. Οι αγωγοί δεν έχουν ωμική αντίσταση και το επίπεδό τους είναι κάθετο προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Οι αγωγοί έχουν μικρά διάκενα στα σημεία A και Δ και τα άκρα A και Δ είναι συνδεδεμένα με ωμικό αντιστάτη $R_1 = 600 \Omega$. Ένας ευθύγραμμος και σταθερής διατομής, ομογενής αγωγός ΚΓ μήκους $L = 2,5 \text{ m}$ περιστρέφεται χωρίς τριβές περί το κέντρο Κ και επί του επιπέδου των κυκλικών αγωγών με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 10 \text{ rad/s}$. Ο ευθύγραμμος αυτός αγωγός εφάπτεται με τους κυκλικούς αγωγούς. Η ωμική αντίσταση του αγωγού ΚΓ είναι $R = 1000 \Omega$. Να βρείτε



α. την αναπτυσσόμενη ΗΕΔ στο τμήμα του περιστρεφόμενου αγωγού που βρίσκεται μεταξύ των δύο κυκλικών αγωγών.

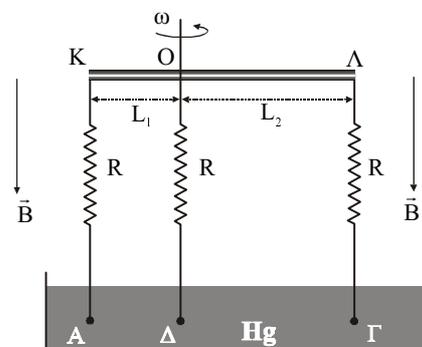
β. την ένταση και η φορά του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_1 .

γ. τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και Δ.

δ. τη δύναμη F, η οποία βρίσκεται επί του επιπέδου των κυκλικών αγωγών και ασκείται στο σημείο Γ, κάθετα προς τον αγωγό ΚΓ, τον οποίο και περιστρέφει.

[Απ. (α) $E = 75 \text{ V}$, (β) $I = 0,075 \text{ A}$, (γ) $V_{A\Delta} = -45 \text{ V}$ (δ) $F = 0,225 \text{ N}$]

56. Ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος $L = 3 \text{ m}$ και στρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 20 \text{ rad/s}$ γύρω από κατακόρυφο άξονα που περνάει από το σημείο του Ο. Στο χώρο που περιστρέφεται ο αγωγός επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$. Η αντίσταση του αγωγού ΚΛ ανά μέτρο μήκους του είναι $R^* = 4 \Omega/\text{m}$ και τα μήκη L_1, L_2 συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση $L_2 = 2 L_1$.



Οι αγωγοί ΚΑ, ΟΔ και ΛΓ έχουν αντίσταση $R = 4 \Omega$ ο καθένας και κατά τη διάρκεια της περιστροφής βρίσκονται συνεχώς σ' επαφή με τον υδράργυρο του δοχείου. Να βρείτε

α. την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα τμήματα ΟΚ και ΟΛ του στρε-

φόμενου αγωγού.

β. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε κλάδο του κυκλώματος.

γ. τις διαφορές δυναμικού V_{OK} και V_{OL} .

[Απ. (α) 10 V, 40 V, (β) 0 A, 2,5 A, 2,5 A, (γ) 10 V, 20 V]

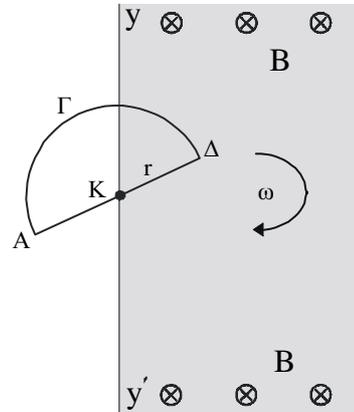
- *57. Το συρμάτινο ημικύκλιο ΑΓΔ, ακτίνας $r = 1\text{ m}$, περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 4\pi\text{ rad/s}$ γύρω από άξονα Κ παράλληλο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B = \frac{5}{\pi}\text{ T}$.

Η ωμική αντίσταση του πλαισίου ΑΓΔΑ είναι $R = 10\ \Omega$.

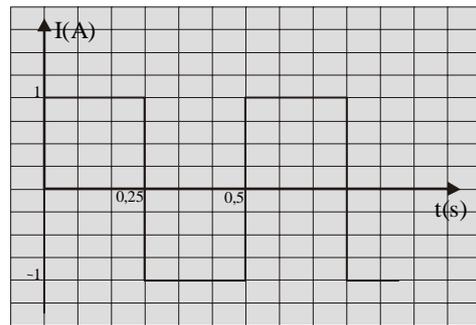
α. Να παραστήσετε γραφικά την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το ημικύκλιο σε συνάρτηση με το χρόνο σε βαθμολογημένους άξονες. Να θεωρήσετε αρχή του χρόνου ($t = 0$), όταν η ΑΔ έχει την κατεύθυνση $y'y'$.

β. Πόσο φορτίο θα περάσει από μια διατομή του σύρματος του ημικυκλίου σε χρόνο $t = 0,5\text{ s}$;

γ. Πόσο έργο απαιτείται για μια πλήρη περιστροφή του πλαισίου;

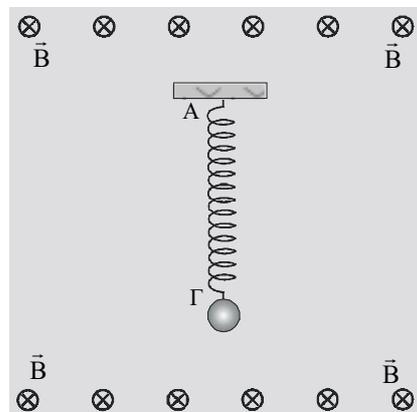


[Απ. (α) $I = \begin{cases} 1\text{ A} & 0 \leq t \leq 0,25\text{ s} \\ -1\text{ A} & 0,25\text{ s} \leq t \leq 0,5\text{ s} \end{cases}$]



(β) $q = 0$ (γ) $W = 5\text{ J}$

58. Ιδανικό ελατήριο φυσικού μήκους $L_0 = 1\text{ m}$ και σταθεράς $k = 260\text{ N/m}$ στρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από το ένα άκρο του Α με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 10\text{ rad/s}$, κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Στο άλλο άκρο Γ του ελατηρίου είναι δεμένο σώμα μάζας $m = 0,4\text{ kg}$. Το επίπεδο περιστροφής του ελατηρίου είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B = 1\text{ T}$. Όταν το σώμα διέρχεται από το κατώτερο σημείο της τροχιάς του, να βρείτε



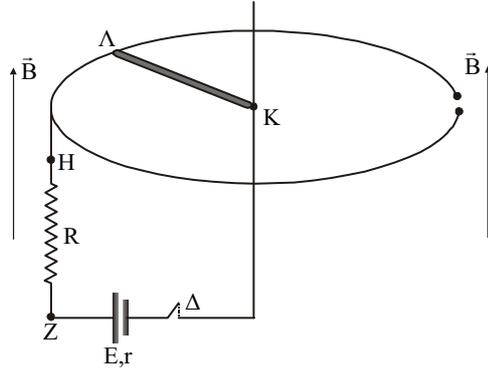
α. την επιμήκυνση του ελατηρίου.

β. την τιμή της ΗΕΔ από επαγωγή στο ελατήριο ΑΓ.

γ. την πολικότητα της ΗΕΔ από επαγωγή ($g = 10\text{ m/s}^2$).

[Απ. (α) 0,2 m, (β) 7,2 V, (γ) (+) στο Γ, (-) στο Α]

- 59.** Συρμάτινος δακτύλιος ακτίνας $a = 1 \text{ m}$ είναι οριζόντιος μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , έντασης $B = 1 \text{ T}$. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του δακτυλίου σε οριζόντιο επίπεδο και με το άλλο του άκρο σ' επαφή με το δακτύλιο. Ο άξονας του δακτυλίου που διέρχεται από το σημείο Κ του ευθύγραμμου αγωγού και η περιφέρεια του δακτυλίου συνδέονται μέσω διακόπτη Δ και αντιστάτη $R = 8 \Omega$ με τους πόλους πηγής ΗΕΔ $E = 10 \text{ V}$ και $r = 2 \Omega$. Τη στιγμή $t = 0$ κλείνουμε το διακόπτη Δ .
- α.** Να εξηγήσετε γιατί ο αγωγός ΚΛ θα αποκτήσει οριακή (σταθερή) γωνιακή ταχύτητα και να υπολογίσετε το μέτρο της ω_0 .

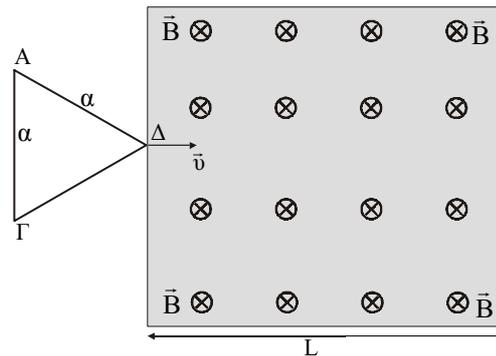


- β.** Πόση είναι η διαφορά δυναμικού V_{ZH} όταν είναι $\omega = \frac{\omega_0}{2}$;

Άλλες αντιστάσεις και τριβές θεωρούνται αμελητέες.

[Απ. (α) 20 rad/s , (β) 4 V]

- *60.** Ένα συρμάτινο πλαίσιο σχήματος ισόπλευρου τριγώνου έχει πλευρά $a = \sqrt{3} \text{ m}$ και συνολική αντίσταση $R = 10 \Omega$. Το πλαίσιο κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$ που έχει τη διεύθυνση της διχοτόμου της γωνίας Δ , όπως φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να μπαίνει με την κορυφή του Δ σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο και την ταχύτητα του πλαισίου. Το πεδίο περιορίζεται σε περιοχή πλάτους $L = 2 \text{ m}$ και έχει ένταση $B = \sqrt{3} \text{ T}$.



- A.** Για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η διέλευση του πλαισίου από το πεδίο, να βρείτε τις εξισώσεις που περιγράφουν, σε συνάρτηση με το χρόνο,

α. την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.

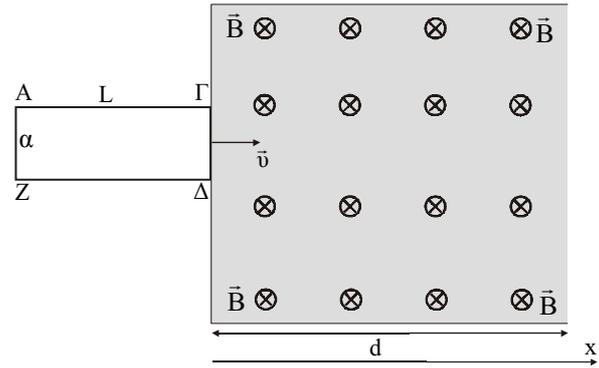
β. την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.

- B. α.** Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις $E_{\text{επ}} = f(t)$ και $I_{\text{επ}} = f(t)$ σε βαθμολογημένους άξονες.

β. Πόσο φορτίο πέρασε από μια διατομή του σύρματος, κατά τη διάρκεια της εξόδου του πλαισίου από το πεδίο;

$$[\text{Απ. A. (α)}] E_{\text{επ}} = \begin{cases} -2t & 0 \leq t \leq 1,5 \text{ s} \\ 0 & 1,5 \leq t \leq 2 \text{ s} \\ 2t - 4 & 2 \leq t \leq 3,5 \text{ s} \\ 0 & t \geq 3,5 \text{ s} \end{cases} \quad \text{B. (β)} 225 \text{ mC}$$

61. Ορθογώνιο συρμάτινο πλαίσιο με πλευρές $L = 20 \text{ cm}$ και $a = 8 \text{ cm}$ διέρχεται με σταθερή ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$ από περιοχή που υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} κάθετο στο επίπεδο και την ταχύτητα του πλαισίου. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B = 1 \text{ T}$, το πλάτος της περιοχής από την οποία διέρχεται το πλαίσιο είναι $d = 30 \text{ cm}$ και η



ωμική αντίσταση του πλαισίου είναι $R = 16 \Omega$. Καθορίζουμε τη θέση του πλαισίου με τη συντεταγμένη x της πλευράς του $\Gamma\Delta$. Θεωρούμε $x = 0$ όταν η πλευρά $\Gamma\Delta$ βρίσκεται ακριβώς στην αριστερή πλευρά του πεδίου.

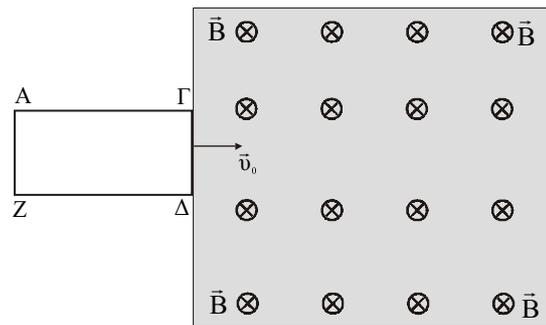
A. Να βρείτε τις εξισώσεις που περιγράφουν σε συνάρτηση με τη συντεταγμένη x

- α. τη μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο.
- β. την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.
- γ. την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- δ. το μέτρο της εξωτερικής δύναμης που ασκείται στο πλαίσιο.
- ε. το ρυθμό μετατροπής ενέργειας σε θερμική, λόγω φαινομένου Joule.

B. Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις $\Phi = f(x)$, $E_{επ} = f(x)$, $I_{επ} = f(x)$, $F_{εξ} = f(x)$, $P_{\theta} = f(x)$ σε βαθμολογημένους άξονες.

$$\text{Απ. Α. (α) } \Phi = \begin{cases} Bax & 0 \leq x \leq L \\ BaL & L \leq x \leq d \\ Bad + BaL - Bax & d \leq x \leq d + L \\ 0 & d + L \leq x \end{cases}$$

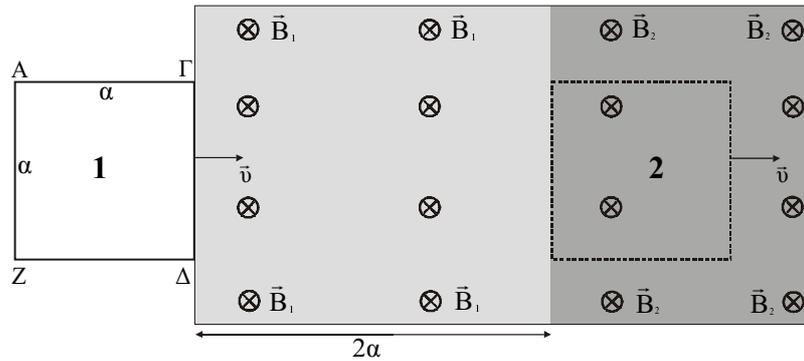
*62. Το χάλκινο πλαίσιο ΑΓΔΖ έχει μάζα $m = 0,02 \text{ kg}$ και τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να μπαίνει με την πλευρά $\Gamma\Delta$ σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} , το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο και την ταχύτητά του πλαισίου. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το πλαίσιο έχει ταχύτητα $v_0 = 20 \text{ m/s}$ και η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που αρχίζει να κυκλοφορεί σ' αυτό είναι $I_1 = 0,05 \text{ A}$. Από τη στιγμή $t = 0$, μέχρι λίγο πριν μπει στο μαγνητικό πεδίο η πλευρά AZ , η θερμική ενέργεια του πλαισίου αυξήθηκε κατά $Q_{\theta} = 1,44 \text{ J}$. Δεχόμαστε ότι η μόνη δύναμη που ενεργεί στο πλαίσιο είναι η δύναμη Laplace.



- α. Χρησιμοποιείστε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας και υπολογίστε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο λίγο πριν μπει στο πεδίο η πλευρά AZ .
- β. Να δικαιολογήσετε τον ισχυρισμό: «Από τη στιγμή που θα μπει στο πεδίο και η πλευρά AZ , η κίνηση του πλαισίου είναι ευθύγραμμη ομαλή».

[Απ. (α) $0,04 \text{ A}$]

- *63. Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο έχει πλευρά $a = 0,1 \text{ m}$ αντίσταση $R = 10 \ \Omega$ και κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να εισέρχεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B}_1 το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο του και την ταχύτητά του και έχει ένταση $B_1 = 1 \text{ T}$. Μετά από διαδρομή μήκους $2a$, το πλαίσιο, κινούμενο πάντοτε με σταθερή ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$, εισέρχεται σε περιοχή που επικρατεί ένα άλλο ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B}_2 ίδιας κατεύθυνσης με το προηγούμενο και έντασης $B_2 = 2 B_1$.



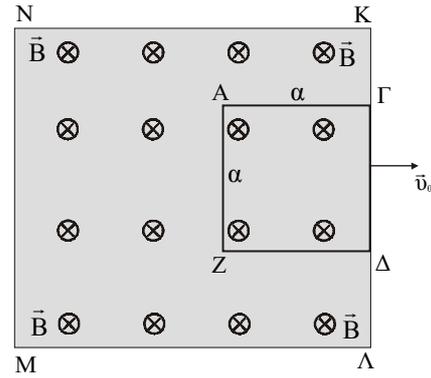
- A.** Για το χρονικό διάστημα που χρειάζεται το πλαίσιο να βρεθεί από τη θέση 1 στη θέση 2, να βρείτε τις εξισώσεις που περιγράφουν σε συνάρτηση με το χρόνο
- τη μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο.
 - την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.
 - την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
 - το ρυθμό μετατροπής ενέργειας σε θερμική, λόγω φαινομένου Joule.
- B.** Να παραστήσετε, για το ίδιο χρονικό διάστημα, γραφικά τις συναρτήσεις $\Phi = f(t)$, $E_{επ} = f(t)$, $I_{επ} = f(t)$, $P_{\theta} = f(t)$ σε βαθμολογημένους άξονες.

$$\text{Απ. Α. (α)} \quad \Phi = \begin{cases} B_1 a v t & 0 \leq t \leq \frac{a}{v} \\ B_1 a^2 & \frac{a}{v} \leq t \leq \frac{2a}{v} \\ -B_1 a^2 + B_1 a v t & \frac{2a}{v} \leq t \leq \frac{3a}{v} \\ 2B_1 a^2 & \frac{3a}{v} \leq t \end{cases}$$

64. Κυκλικό πλαίσιο ακτίνας $a = 0,1 \text{ m}$ αποτελείται από $N = 200$ σπείρες έχει αντίσταση $R = 12,56 \ \Omega$ και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$. Το επίπεδο του πλαισίου είναι αρχικά κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Να υπολογίσετε το φορτίο που θα περάσει από μια διατομή του σύρματος του πλαισίου λόγω του φαινομένου της επαγωγής, αν το πλαίσιο στραφεί γύρω από μια διάμετρό του
- κατά γωνία $\varphi_1 = 90^\circ$
 - κατά γωνία $\varphi_2 = 180^\circ$

$$[\text{Απ. (α)} 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}, \quad (\beta) 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}]$$

- *65.** Συρμάτινο τετράγωνο πλαίσιο πλευράς $a = 1 \text{ m}$, αντίστασης $R = 2 \ \Omega$ και μάζας $m = 0,1 \text{ kg}$ είναι τοποθετημένο σε οριζόντιο μονωτικό δάπεδο ώστε η πλευρά του $\Gamma\Delta$ να εφάπτεται της διαχωριστικής γραμμής $Κ\Lambda$. Η γραμμή $Κ\Lambda$ αποτελεί το δεξιό όριο μιας περιοχής στην οποία επικρατεί κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} έντασης $B = 1 \text{ T}$. Τριβή δεν υπάρχει.



- α.** Με ποια ταχύτητα v_0 πρέπει να εκτοξεύσουμε το πλαίσιο, όπως φαίνεται στο σχήμα, ώστε η πλευρά AZ να φθάσει στη διαχωριστική γραμμή $Κ\Lambda$ με ταχύτητα $v = 2 \text{ m/s}$.

Υπόδειξη: Να εφαρμόσετε το θεώρημα Ώθησης - ορμής. Θυμηθείτε ότι $\Delta x = \sum v \Delta t$

- β.** Πόσο φορτίο θα περάσει από μια διατομή του σύρματος κατά τη διάρκεια της εξόδου του πλαισίου από το πεδίο;

[Απ. (α) 7 m/s , (β) $0,5 \text{ C}$]

- 66.** Κυκλικό πλαίσιο ακτίνας $a = 0,1 \text{ m}$ αποτελείται από $N = 200$ σπείρες έχει αντίσταση $R_1 = 3,14 \ \Omega$ και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 0,2 \text{ T}$. Το επίπεδο του πλαισίου είναι αρχικά κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Οι δύο άκρες του πλαισίου συνδέονται με βαλλιστικό γαλβανόμετρο το οποίο έχει ωμική αντίσταση $R_2 = 3,14 \ \Omega$. Να βρείτε την ένδειξη του βαλλιστικού γαλβανόμετρου στις εξής περιπτώσεις:

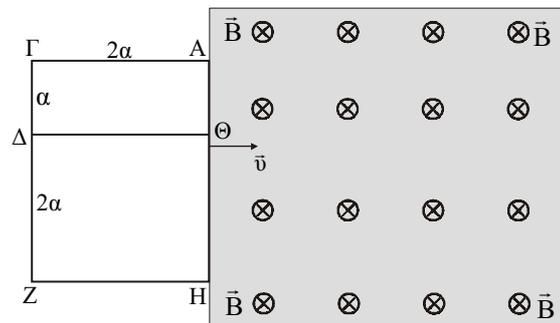
- α.** Το πλαίσιο στρέφεται απότομα, γύρω από μια διάμετρό του, κατά γωνία

- i) $\frac{\pi}{2}$, ii) π , iii) 2π .

- β.** Το πλαίσιο στρέφεται γύρω από μια διάμετρό του με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω , αρκετά μεγάλη (π.χ. $100\pi \text{ rad/s}$).

[Απ. (α) i) $0,2 \text{ C}$, ii) $0,4 \text{ C}$, iii) 0 (β) 0]

- 67.** Το συρμάτινο πλαίσιο $A\Gamma\Delta ZH\Theta A$ κινείται με σταθερή οριζόντια ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$ και τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να μπαίνει σε περιοχή που επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1,1 \text{ T}$. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κάθετες στο επίπεδο και την ταχύτητα του πλαισίου. Η αντίσταση του σύρματος ανά μέτρο μήκους του είναι $R^* = 1 \ \Omega / \text{m}$ και το μήκος $a = 1 \text{ m}$. Για το χρονικό διάστημα από $t = 0$ μέχρι λίγο πριν μπει το σύρμα $\Gamma\Delta Z$ στο πεδίο, να βρείτε



- α.** την ένταση του ρεύματος σε κάθε κλάδο του κυκλώματος.

- β.** τις διαφορές δυναμικού i) $V_{A\Theta}$, ii) $V_{\Theta H}$, iii) $V_{H\Gamma}$.

[Απ. (α) $0,05 \text{ A}$, $0,3 \text{ A}$, $0,35 \text{ A}$ (β) i) $0,8 \text{ V}$, ii) $1,5 \text{ V}$, iii) $-1,7 \text{ V}$]

68. Ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, με φορά δυναμικών γραμμών προς τα κάτω, περιορίζεται σε κυλινδρική περιοχή της οποίας η τομή με το οριζόντιο επίπεδο είναι κυκλικός δίσκος ακτίνας $R = 2 \text{ m}$. Η ένταση B του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται με το χρόνο, με ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \frac{\text{T}}{\text{s}}$

α. Να σχεδιάσετε τις δυναμικές γραμμές του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου σε αποστάσεις 0,5 m, 1 m και 3 m από το κέντρο του κύκλου.

β. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε αποστάσεις
i) $r_1 = 0,5 \text{ m}$, ii) $r_2 = 2,5 \text{ m}$ από το κέντρο της κυκλικής περιοχής.

γ. Να παραστήσετε γραφικά το μέτρο E της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε συνάρτηση με την απόσταση r από το κέντρο της περιοχής.

$$[\text{Απ. (β) i) } 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}, \text{ ii) } 8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}]$$

69. Κυκλικός συρμάτινος βρόχος έχει αντίσταση $R = 10 \Omega$ και είναι τοποθετημένος με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές χρονικά μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το βρόχο μεταβάλλεται σύμφωνα με το νόμο.

$$\Phi = \begin{cases} 10t & 0 \leq t \leq 2 \\ 30 - 5t & 2 \leq t \leq 10 \\ -120 + 10t & 10 \leq t \leq 15 \\ 30 & 15 \leq t \end{cases} \quad (\Phi \text{ σε Wb, } t \text{ σε s})$$

α. Να παραστήσετε γραφικά τη συνάρτηση $\Phi = f(t)$ σε βαθμολογημένους άξονες.

β. Να βρείτε τις εξισώσεις που περιγράφουν σε συνάρτηση με το χρόνο.

i) Την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο βρόχο.

ii) Την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το βρόχο.

γ. Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις $E_{\text{επ}} = f(t)$, $I = f(t)$ σε βαθμολογημένους άξονες.

δ. Πόσο φορτίο πέρασε από μια διατομή του σύρματος στο διάστημα (2 s, 10 s);

ε. Πόση είναι η μέση τιμή της έντασης του ρεύματος στο χρονικό διάστημα (0,15 s)

$$[\text{Απ. (δ) } 4 \text{ C, (ε) } -0,2 \text{ A}]$$

- *70. Κυκλικός αγωγίμος βρόχος ακτίνας $a = 0,2 \text{ m}$ και αντίστασης $R = 2 \Omega$ είναι τοποθετημένος μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές. Αν η ένταση του πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,1 \frac{\text{T}}{\text{s}}$, να

βρείτε

α. την τιμή της ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο βρόχο.

β. την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το βρόχο.

γ. το ρυθμό με τον οποίο δίνεται ενέργεια στο βρόχο από το μαγνητικό πεδίο ($\pi^2 \cong 10$)

δ. το έργο που παράγεται (σε eV) όταν ένα ηλεκτρόνιο εκτελεί μια περιστροφή μέσα στον κυκλικό βρόχο. Ποια ιδιότητα του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, επιβεβαιώνει η τιμή του έργου που βρήκατε;

$$[\text{Απ. (α) } 4\pi \text{ mV, (β) } 2\pi \text{ mA, (γ) } 8 \cdot 10^{-5} \text{ W, (δ) } 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ eV}]$$

- *71. Η ακτίνα της κυλινδρικής περιοχής μέσα στην οποία υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι R και το μέτρο της έντασης B του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\lambda \frac{T}{s}$.

α. Πόσο είναι το μέτρο της έντασης E του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου σε σημείο που απέχει από τον άξονα του κυλίνδρου απόσταση $r < R$;

β. Πόσο είναι το μέτρο της έντασης E , σε σημείο που απέχει από τον άξονα του κυλίνδρου απόσταση $r > R$;

γ. Σε ποια απόσταση από τον άξονα του κυλίνδρου το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου έχει τη μέγιστη τιμή του και πόση είναι αυτή;

δ. Να δείξετε ότι, αν οι αποστάσεις δύο σημείων από τον άξονα του κυλίνδρου συνδέονται με τη σχέση $r_1 \cdot r_2 = R^2$, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε καθένα από αυτά έχει το ίδιο μέτρο.

[Απ. (α) $\frac{r}{2} \lambda$, (β) $\frac{R^2}{2r} \lambda$, (γ) R , $\frac{R}{2} \lambda$]

- *72. Οριζόντιος κυκλικός αγωγός ακτίνας $r = 0,4 \text{ m}$ και ωμικής αντίστασης $R = 1,6 \Omega$ περιβάλλει ομοαξονικά κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο το οποίο περιορίζεται σε κυλινδρική περιοχή της οποίας η τομή με το επίπεδο του κυκλικού αγωγού είναι κυκλικός δίσκος ακτίνας $\frac{r}{2}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το μέτρο της έντασης του

μαγνητικού πεδίου αρχίζει να ελαττώνεται σύμφωνα με την εξίσωση $B = 4 - \frac{1}{4} t$ (SI) μέχρι να μηδενιστεί.

α. Να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκείται σε κάθε ηλεκτρόνιο του αγωγού και να υπολογίσετε το μέτρο της.

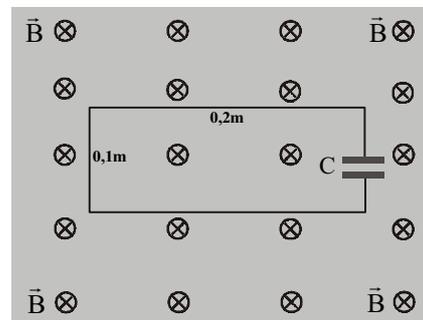
β. Να υπολογίσετε το έργο (σε eV) της δύναμης πάνω σ' ένα ηλεκτρόνιο του αγωγού το οποίο εκτελεί μια πλήρη περιστροφή μέσα στον κυκλικό αγωγό.

γ. Να υπολογίσετε το φορτίο που περνάει από μια διατομή του αγωγού κατά τη διάρκεια της μεταβολής του μαγνητικού πεδίου ($e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

[Απ. (α) $2 \cdot 10^{-21} \text{ N}$, (β) $\pi \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, (γ) $0,1\pi \text{ C}$]

- *73. Οι οπλισμοί επίπεδου πυκνωτή χωρητικότητας $C = 20 \mu\text{F}$ είναι συνδεδεμένοι με χάλκινο σύρμα. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο όπως φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να αυξάνεται σύμφωνα με την εξίσωση

$$B = 0,04 + 0,5 t \text{ (SI)}$$

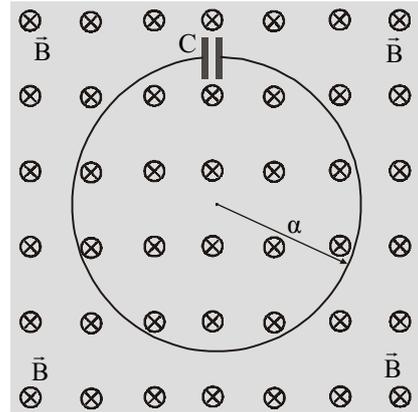


α. Να βρείτε το μέγιστο φορτίο που αποκτά ο πυκνωτής.

β. Ποιος οπλισμός του πυκνωτή έχει θετικό φορτίο; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

[Απ. (α) $0,2 \mu\text{C}$, (β) Ο κάτω]

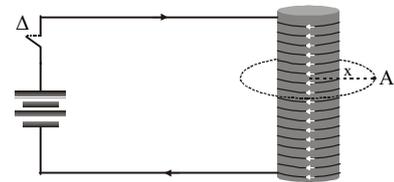
- *74. Ο συρμάτινος δακτύλιος έχει ακτίνα $a = 1 \text{ m}$ ωμική αντίσταση $R = 100 \ \Omega$ και είναι συνδεδεμένος με τους οπλισμούς επίπεδου πυκνωτή χωρητικότητας $C = 20 \ \mu\text{F}$. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του δακτυλίου. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό $\frac{2 \text{ T}}{\pi \text{ s}}$.



- α.** Πόσο είναι το μέγιστο φορτίο που θα αποκτήσει ο πυκνωτής;
β. Πόση ενέργεια μεταφέρθηκε από το μαγνητικό πεδίο στο κύκλωμα μέχρι να αποκτήσει ο πυκνωτής το μέγιστο φορτίο του;
γ. Πόση ενέργεια μεταβιβάστηκε στην αντίσταση του δακτυλίου μέχρι να αποκτήσει ο πυκνωτής το μέγιστο φορτίο του;
δ. Ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο αποθηκεύεται ενέργεια στον πυκνωτή;
ε. Να γράψετε τις εξισώσεις από τις οποίες υπολογίζονται κάθε στιγμή οι τιμές των μεγεθών V_C , Q και I .
στ. Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις $V_C = f(t)$, $Q = f(t)$ και $I = f(t)$. Για τη χάραξη των παραπάνω καμπυλών μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις τιμές $t = 0$, $t = \tau$ και $t = 5\tau$ όπου τ η σταθερά χρόνου του κυκλώματος.

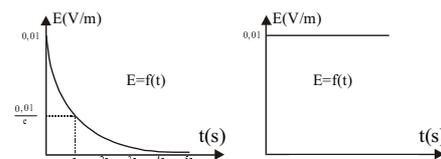
$$[\text{Απ. (α)} 40 \ \mu\text{C}, \ (\beta) 8 \cdot 10^{-5} \text{ J}, \ (\gamma) 4 \cdot 10^{-5} \text{ J}, \ (\delta) 10^{-5} \text{ W}, \ (\epsilon) V_C = 2(1 - e^{-500t}) \text{ V} \\ Q = 40(1 - e^{-500t}) \ \mu\text{C}, \ I = 2 \cdot 10^{-2} e^{-500t} \text{ A}]$$

- *75. Πηνίο πολύ μεγάλου μήκους έχει ωμική αντίσταση $R = 10 \ \Omega$, συντελεστή αυτεπαγωγής $L = 5 \text{ H}$ και αποτελείται από $N = 1000$ σπείρες. Το πηνίο συνδέεται μέσω διακόπτη Δ με πηγή συνεχούς τάσης ΗΕΔ $E = 10\pi \text{ V}$ και $r = 0$. Ο διακόπτης είναι ανοικτός και κλείνει τη χρονική στιγμή $t = 0$.



- α.** Να γράψετε την εξίσωση της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου σε συνάρτηση με το χρόνο για το σημείο A που απέχει από τον άξονα του πηνίου απόσταση $x = 0,5 \text{ m}$ (x μεγαλύτερο από την ακτίνα των σπειρών).
β. Να παραστήσετε γραφικά τη συνάρτηση $E = f(t)$. Για τη χάραξη της καμπύλης μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις τιμές $t = 0$ και $t = 5\tau$ όπου τ η σταθερά χρόνου του κυκλώματος.
γ. Να απαντήσετε στα ερωτήματα (α) και (β) αν το πηνίο είναι ιδανικό.

$$[\text{Απ. (α)} E = 0,01 e^{-2t} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right), \\ (\gamma) E = 0,01 \frac{\text{V}}{\text{m}}]$$



76. Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο πλευράς $a = 1 \text{ m}$ και ωμικής αντίστασης $R = 10 \ \Omega$, είναι τοποθετημένο με το επίπεδό του οριζόντιο μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο \vec{B} . Η ένταση B του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με το νόμο:

$$B = \begin{cases} 2t & (\text{T}) & 0 \leq t \leq 5 & (\text{s}) \\ 10 & (\text{T}) & 5 \leq t \leq 10 & (\text{s}) \\ -4t + 50 & (\text{T}) & 10 \leq t \leq 15 & (\text{s}) \\ 2t - 40 & (\text{T}) & 15 \leq t \leq 20 & (\text{s}) \\ 0 & (\text{T}) & 20 \leq t & (\text{s}) \end{cases}$$

- α.** Να βρείτε τις εξισώσεις που περιγράφουν σε συνάρτηση με το χρόνο
- τη μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο.
 - την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.
 - την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
 - το ρυθμό με τον οποίο μεταβιβάζεται ενέργεια στο πλαίσιο από το μαγνητικό πεδίο.
- β.** Να παραστήσετε γραφικά τις συναρτήσεις $\Phi = f(t)$, $E_{\text{επ}} = f(t)$, $I_{\text{επ}} = f(t)$ και $P_{\theta} = f(t)$.
- γ.** Πόση ενέργεια μεταβιβάστηκε από το μαγνητικό πεδίο στο πλαίσιο κατά το χρονικό διάστημα $15 \leq t \leq 20 \text{ (s)}$;

$$[\text{Απ. (α) ii}] \ E_{\text{επ}} = \begin{cases} -2 \text{ V} & 0 \leq t \leq 5 & (\text{s}) \\ 0 \text{ V} & 5 \leq t \leq 10 & (\text{s}) \\ 4 \text{ V} & 10 \leq t \leq 15 & (\text{s}) \quad (\gamma) \ 2 \text{ J} \\ -2 \text{ V} & 15 \leq t \leq 20 & (\text{s}) \\ 0 \text{ V} & 20 \leq t & (\text{s}) \end{cases}$$

- *77. Πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L = 2 \text{ H}$ διαρρέεται από ρεύμα του οποίου η ένταση ελαττώνεται γραμμικά με το χρόνο από $I_0 = 10 \text{ A}$ σε μηδέν, μέσα σε χρόνο $t_0 = 20 \text{ ms}$.
- Να βρείτε το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος.
 - Να βρείτε την ΗΕΔ από αυτεπαγωγή.
 - Να γράψετε την εξίσωση της ενέργειας W_L του μαγνητικού πεδίου του πηνίου σε συνάρτηση με το χρόνο.
 - Να παραστήσετε γραφικά τη συνάρτηση $W_L = f(t)$ σε βαθμολογημένους άξονες.
 - Πόσο φορτίο πέρασε από μια διατομή του σύρματος του πηνίου στο χρονικό διάστημα των 20 ms ;

$$[\text{Απ. (α)} - 500 \frac{\text{A}}{\text{s}}, \quad (\beta) \ 1000 \text{ V}, \quad (\gamma) \ W_L = 25 \cdot 10^4 t^2 - 10^4 t + 10^2 \text{ (SI)}, \quad (\delta) \ 0,1 \text{ C}]$$

78. Σε βήτατρο των 80 MeV ο δακτύλιος έχει ακτίνα $r = 1$ m και το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται σύμφωνα με την εξίσωση $B = \frac{2}{\pi} \eta\mu 100 \pi t$ (SI).

Να βρείτε

α. τη μέση τιμή της ΗΕΔ από επαγωγή.

β. τη μέση ενέργεια που δίνεται σε κάθε ηλεκτρόνιο κατά τη διάρκεια μιας περι-στροφής.

γ. τον αριθμό των περιφορών που θα εκτελέσουν τα ηλεκτρόνια μέχρι να αποκτήσουν την τελική κινητική τους ενέργεια. Η αρχική κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων είναι ίση με μηδέν.

δ. την απόσταση που θα έχουν διανύσει τα ηλεκτρόνια μέχρι να αποκτήσουν την τελική κινητική τους ενέργεια.

[Απ. (α) $\bar{E}_{επ} = 400$ V, (β) $W_1 = 400$ eV, (γ) $N = 2 \cdot 10^5$ περιφορές, (δ) $d = 1256$ km]