Διαγώνισμα Φυσικής Προσανατολισμού Γ΄ Λυκείου

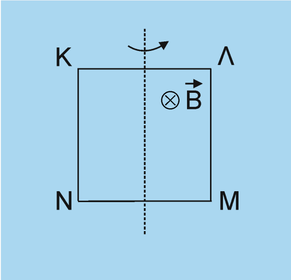
ΘΕΜΑ Α

Α. Στις προτάσεις Α1 έως και Α4 να επιλέξετε τη σωστή απάντηση:

Α1. Στο φαινόμενο Compton ακτίνες Χ σκεδάζονται από πρακτικά ακίνητο ηλεκτρόνιο. Τότε:
α. το μήκος κύματος του σκεδαζόμενου φωτονίου είναι μεγαλύτερο από αυτό του προσπίπτοντος
β. η συχνότητα του σκεδαζόμενου φωτονίου είναι μεγαλύτερη από αυτή του προσπίπτοντος
γ. το μήκος κύματος του σκεδαζόμενου φωτονίου είναι μικρότερο από αυτό του προσπίπτοντος
δ. το μήκος κύματος του σκεδαζόμενου φωτονίου είναι ανεξάρτητο της γωνίας σκέδασής του

(5 μονάδες)

Α2. Αγώγιμο μεταλλικό πλαίσιο ΚΛΜΝ στρέφεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο γύρω από άξονα κάθετο στις πλευρές ΚΛ και ΜΝ που ενώνει τα μέσα τους, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Κατά την περιστροφή του πλαισίου εμφανίζεται Η.Ε.Δ. από επαγωγή:
α. σε όλες τις πλευρές του πλαισίου
β. στις πλευρές ΚΛ και ΜΝ
γ. στις πλευρές ΚΝ και ΛΜ
δ. σε καμία πλευρά του πλαισίου

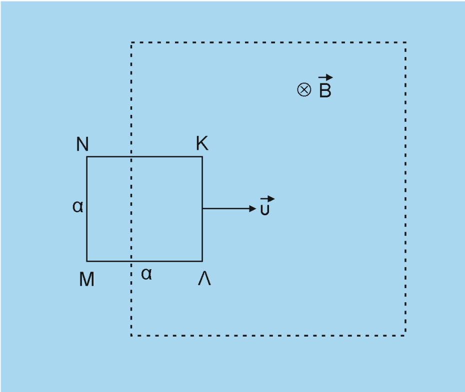


(5 μονάδες)

Α3. Η ενεργός τιμή αρμονικά εναλλασσόμενης τάσης πλάτους V:
α. είναι μεταβλητή
β. εκφράζει τη μέση τιμή της εναλλασσόμενης τάσης
γ. είναι ίση με $V \cdot \sqrt{2}$
δ. είναι ίση με $\dfrac{V}{\sqrt{2}}$

(5 μονάδες)

Α4. Η κάθε πλευρά του τετράγωνου μεταλλικού πλαισίου ΚΛΜΝ του σχήματος έχει μήκος α και αντίσταση R. Το πλαίσιο εισέρχεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μέτρου έντασης Β, κάθετα στις γραμμές του, με ταχύτητα μέτρου υ. Κατά τη διάρκεια της εισόδου ισχύει:



α. $V_{ΚΛ} = B \cdot υ \cdot α$

β. $V_{ΚΛ} = \dfrac{B \cdot υ \cdot α}{4}$

γ. $V_{ΚΛ} = \dfrac{3 \cdot B \cdot υ \cdot α}{4}$

δ. $V_{ΝΜ} = B \cdot υ \cdot α$

(5 μονάδες)

Β. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;

α. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός σωληνοειδούς εκφράζει την αδράνειά του στις μεταβολές της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει

β. Κάθε ρεύμα που μεταβάλλει την τιμή του ονομάζεται εναλλασσόμενο

γ. Η ένταση ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια εκφράζει την ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας που προσπίπτει στην επιφάνεια

δ. Ένα στερεό σώμα, που το θεωρούμε ως μέλαν, βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αν αυξήσουμε αισθητά τη θερμοκρασία του, η μέγιστη ένταση εκπεμπόμενης ακτινοβολίας του θα μετατοπιστεί σε μεγαλύτερα μήκη κύματος

ε. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο αναδεικνύει την κυματική συμπεριφορά του φωτός

(5 μονάδες)

ΘΕΜΑ Β

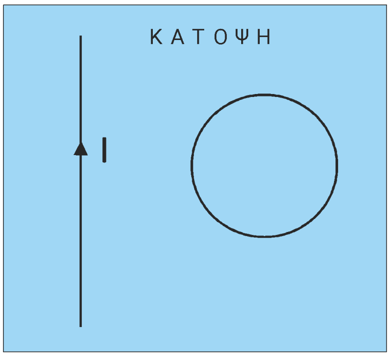
Στις ερωτήσεις Β1 έως και Β4 να επιλέξετε τη σωστή απάντηση, αφού δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Β1. Ένα αγώγιμο πλαίσιο αμελητέας αντίστασης έχει Ν σπείρες και στρέφεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Στα άκρα του πλαισίου συνδέουμε έναν αντιστάτη αντίστασης R. Η μέση ισχύς που δαπανά ο αντιστάτης είναι $\overline{P}_1$. Διπλασιάζουμε την περίοδο περιστροφής του πλαισίου, οπότε η μέση ισχύς που δαπανά ο αντιστάτης γίνεται $\overline{P}_2$. Ισχύει:

α. $\overline{P}_1 = \overline{P}_2$ β. $\overline{P}_1 = 4 \cdot \overline{P}_2$ γ. $\overline{P}_1 = 2 \cdot \overline{P}_2$

(6 μονάδες)

Β2. Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός είναι στερεωμένος σε οριζόντιο επίπεδο και διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι. Σε κοντινή απόσταση από αυτόν και στο ίδιο επίπεδο είναι στερεωμένο μεταλλικό δακτυλίδι όπως φαίνεται στο σχήμα. Σε χρόνο Δt διπλασιάζουμε την ένταση Ι του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό. Κατά την παραπάνω διάρκεια:



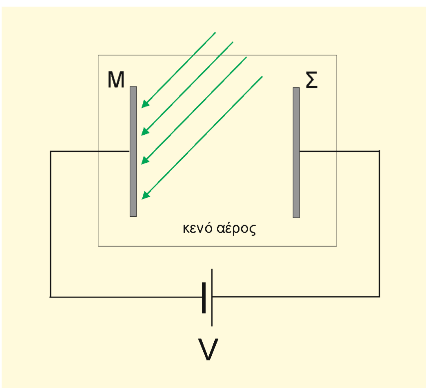
α. το δακτυλίδι δεν θα διαρρέεται από ρεύμα

β. το δακτυλίδι θα διαρρέεται από ρεύμα ωρολογιακής φοράς

γ. το δακτυλίδι θα διαρρέεται από ρεύμα αντιωρολογιακής φοράς

(6 μονάδες)

Β3. Στην εικονιζόμενη διάταξη του σχήματος φως προσπίπτει στο μέταλλο Μ, του οποίου το έργο εξαγωγής είναι φ. Η συχνότητα του φωτός είναι $f > f_0$, όπου f_0 η συχνότητα κατωφλίου. Ένα ηλεκτρόνιο της επιφάνειας του μετάλλου απορροφά ένα φωτόνιο της προσπίπτουσας στο μέταλλο ακτινοβολίας. Αν η σταθερά του Planck είναι h, το



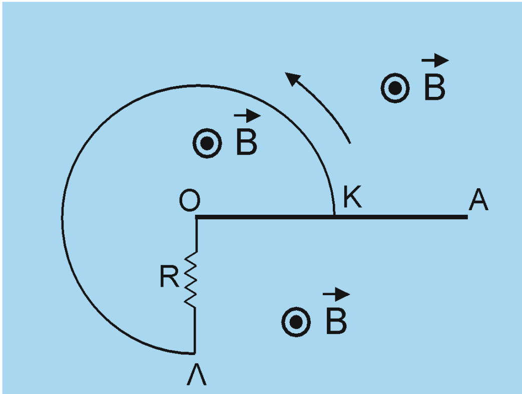
απόλυτο φορτίο του ηλεκτρονίου είναι e και η εφαρμοζόμενη τάση μεταξύ μετάλλου M και συλλέκτη Σ είναι V, η κινητική ενέργεια $K_Σ$, με την οποία θα φτάσει το ηλεκτρόνιο στο συλλέκτη Σ θα είναι:

α. $K_Σ = h \cdot f - φ + e \cdot V$ β. $K_Σ = h \cdot f - φ$

γ. $K_Σ = h \cdot f - φ - e \cdot V$

(6 μονάδες)

Β4. Ο ομογενής και ισοπαχής αγωγός ΟΑ μήκους L και αντίστασης $R_{OA} = R$, στρέφεται αντιωρολογιακά με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέτρου ω γύρω από το άκρο του Ο, το οποίο ταυτίζεται με το κέντρο τμήματος κυκλικού αγωγού ακτίνας $(OK) = \frac{L}{2}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$. Αν ο κυκλικός αγωγός δεν παρουσιάζει αντίσταση ενώ τα σημεία Ο και Λ συνδέονται με αντίσταση R, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα έχει:



α. τιμή ίση με $I = \frac{B \cdot ω \cdot L^2}{4 \cdot R}$ και αντιωρολογιακή φορά

β. τιμή ίση με $I = \frac{B \cdot ω \cdot L^2}{12 \cdot R}$ και ωρολογιακή φορά

γ. τιμή ίση με $I = \frac{B \cdot ω \cdot L^2}{12 \cdot R}$ και αντιωρολογιακή φορά

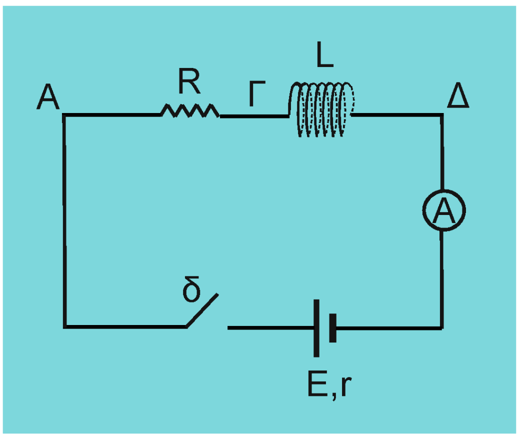
Ποια από τις παραπάνω απαντήσεις είναι σωστή; Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

(7 μονάδες)

ΘΕΜΑ Γ

Για το κύκλωμα του σχήματος δίνονται

E = 12 V και r = 1 Ω, R = 3 Ω, το σωληνοειδές είναι κατασκευασμένο από ομογενές και ισοπαχές σύρμα και έχει συντελεστή αυτεπαγωγής L = 0,01 H. Τη χρονική στιγμή t = 0 κλείνουμε το διακόπτη και κάποια στιγμή t_1 η ένδειξη του ιδανικού αμπερομέτρου είναι i_1 = 1 A ενώ ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι $\frac{di}{dt} = 600\ A/s$.



Γ1. να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της Η.Ε.Δ. από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο σωληνοειδές τη στιγμή t_1 και να εξηγήσετε την πολικότητά της

(4 μονάδες)

Γ2. να εξετάσετε αν το σωληνοειδές είναι ιδανικό

(6 μονάδες)

Γ3. να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή t_1:

α. τις διαφορές δυναμικού $V_{ΑΓ}$ και $V_{ΓΔ}$

β. το ρυθμό αποθήκευσης ενέργειας στο μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς και την ισχύ που δαπανά το σωληνοειδές

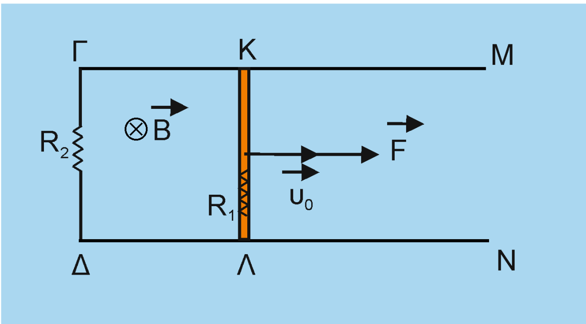
(8 μονάδες)

Στο αρχικό κύκλωμα, κόβουμε το σωληνοειδές σε δύο ίσα τμήματα, συνδέουμε το ένα από αυτά στο κύκλωμα και κλείνουμε το διακόπτη.

Γ4. να υπολογίσετε τη μέγιστη ενέργεια μαγνητικού πεδίου που θα αποθηκευτεί στο νέο σωληνοειδές

(7 μονάδες)

ΘΕΜΑ Δ



Οι οριζόντιοι αγωγοί ΓΜ και ΔΝ του σχήματος έχουν ασήμαντη αντίσταση και πολύ μεγάλος μήκος. Τα άκρα τους Γ και Δ συνδέονται με αντίσταση $R_2 = 8Ω$. Στο επίπεδο των δύο αγωγών είναι τοποθετημένος κάθετα προς τη διεύθυνση τους ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους ℓ = 0,5m, ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Η μάζα του αγωγού ΚΛ είναι m = 0,1kg και η αντίσταση του $R_1 = 2Ω$. Το σύστημα των τριών αγωγών βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, του οποίου η ένταση μέτρου Β = 2Τ είναι κάθετη στο επίπεδο των αγωγών. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ με οριζόντια αρχική ταχύτητα $\vec{υ}_0$ παράλληλη προς τους αγωγούς ΓΜ και ΔΝ, ενώ ταυτόχρονα του ασκούμε σταθερή δύναμη $\vec{F}$ ομόρροπη με την αρχική του ταχύτητα, με μέτρο F = 0,5N. Η ισχύς που δαπανά η αντίσταση R_2 τη στιγμή της εκτόξευσης είναι $P_2 = 8W$.

Δ1. Να υπολογίσετε την τιμή της αρχικής ταχύτητας $\vec{υ}_0$ του αγωγού ΚΛ

(4 μονάδες)

Δ2. Να περιγράψετε αναλυτικά το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει ο αγωγός ΚΛ και να βρείτε την τιμή της τελικής (οριακής) ταχύτητας που θα αποκτήσει

(5 μονάδες)

Δ3. Να περιγράψετε τις ενεργειακές μετατροπές, που λαμβάνουν χώρα κατά την κίνηση του αγωγού ΚΛ, από τη στιγμή $t_0 = 0$ μέχρι τη στιγμή που θα αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα

(6 μονάδες)

Δ4. Να κατασκευάσετε ποιοτικό διάγραμμα της Η.Ε.Δ. από επαγωγή που εμφανίζεται στα άκρα του αγωγού ΚΛ σε συνάρτηση με το χρόνο, από τη στιγμή $t_0 = 0$ μέχρι τη στιγμή που θα αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα

(4 μονάδες)

Κάποια στιγμή t_1, που ο αγωγός ΚΛ έχει αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα, καταργούμε τη δύναμη $\vec{F}$ οπότε ο αγωγός σταματά μετά από μετατόπιση Δx = 5m από την κατάργηση της δύναμης $\vec{F}$.

Δ5. Να υπολογίσετε:

α. τη θερμότητα που αναπτύχθηκε στην αντίσταση R_1, από τη στιγμή t_1 μέχρι να σταματήσει ο αγωγός

β. το φορτίο που πέρασε από μια τομή του κυκλώματος, από τη στιγμή t_1 μέχρι να σταματήσει ο αγωγός

(6 μονάδες)

Καλή επιτυχία

Απαντήσεις

ΘΕΜΑ Α

Α. Α1. α, Α2. γ, Α3. δ, Α4. γ

Β. α. Σ, β. Λ, γ. Σ, δ. Λ, ε. Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Σωστή η πρόταση (β)

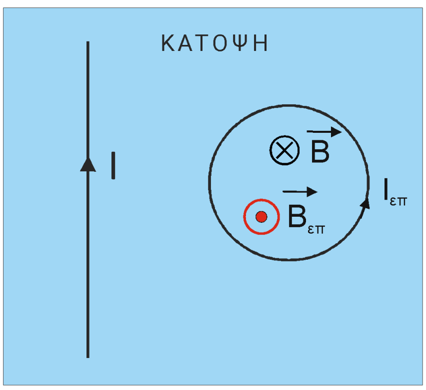
Η μέση ισχύς που δαπανά ο αντιστάτης είναι

$$\bar{P} = \frac{V_{εν}^2}{R} \to \bar{P} = \frac{(\frac{V}{\sqrt{2}})^2}{R} \to \bar{P} = \frac{V^2}{2 \cdot R} \to \bar{P} = \frac{(N \cdot \omega \cdot B \cdot S)^2}{2 \cdot R} \to \bar{P} = \frac{N^2 \cdot 2\pi^2 \cdot B^2 \cdot S^2}{T^2 \cdot R}$$

Από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι αν η περίοδος διπλασιαστεί η μέση ισχύς θα υποτετραπλασιαστεί.

Β2. Σωστή η πρόταση (γ)

Ο ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί στην περιοχή του δακτυλιδιού μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, του οποίου η φορά (με τον κανόνα του δεξιού χεριού) είναι από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Επειδή αυξάνεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό, αυξάνεται και η ένταση του μαγνητικού πεδίου που



I

δημιουργεί, άρα και η μαγνητική ροή που διέρχεται από το δακτυλίδι. Έτσι εμφανίζεται στον κυκλικό αγωγό Η.Ε.Δ. από επαγωγή και επαγωγικό ρεύμα, το οποίο λόγω Lenz πρέπει να έχει τέτοια φορά, ώστε να τείνει να αναιρέσει την αιτία που το δημιούργησε, δηλαδή την αύξηση του $\vec{B}$. Συνεπώς θα πρέπει να εμφανιστεί επαγωγικό μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}_{\varepsilon\pi}$ αντίρροπης του $\vec{B}$, οπότε με τον κανόνα του δεξιού χεριού (αντίχειρας στο $\vec{B}_{\varepsilon\pi}$) προκύπτει ρεύμα έντασης $I_{\varepsilon\pi}$ αντιωρολογιακής φοράς.

Β3. Σωστή η πρόταση (α)

Η κινητική ενέργεια K_M με την οποία αποσπάται το ηλεκτρόνιο από το μέταλλο Μ, θα προκύψει από τη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein

$$K_M = h \cdot f - \varphi \quad (1)$$

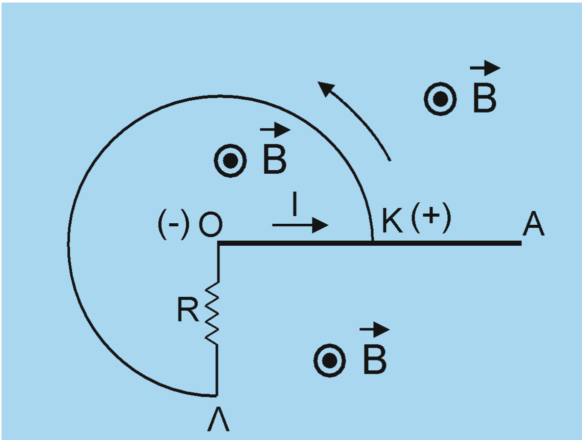
Εφαρμόζουμε Θ.Μ.Κ.Ε. για την κίνηση του ηλεκτρονίου από το μέταλλο Μ στο συλλέκτη Σ

$$K_\Sigma - K_M = W_{F_{\eta\lambda}} \rightarrow K_\Sigma - K_M = (-e)\cdot V_{M\Sigma} \rightarrow K_\Sigma - K_M = (-e)\cdot(-V) \rightarrow$$

$$\rightarrow K_\Sigma - K_M = e\cdot V \rightarrow K_\Sigma = K_M + e\cdot V \xrightarrow{(1)} K_\Sigma = h\cdot f - \varphi + e\cdot V$$

Β4. Σωστή η πρόταση (γ)

Το τμήμα του αγωγού που κλείνει κύκλωμα είναι το ΟΚ, το οποίο στρέφεται γύρω από το άκρο του Ο. Άρα σύμφωνα με τη θεωρία εμφανίζεται



$$E_{\varepsilon\pi,OK} = \frac{B\cdot\omega\cdot(OK)^2}{2} \rightarrow E_{\varepsilon\pi,OK} = \frac{B\cdot\omega\cdot(\frac{L}{2})^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{\varepsilon\pi,OK} = \frac{B\cdot\omega\cdot\frac{L^2}{4}}{2} \rightarrow E_{\varepsilon\pi,OK} = \frac{B\cdot\omega\cdot L^2}{8}$$

και πολικότητας η οποία βρίσκεται από τον κανόνα των τριών δακτύλων (η δύναμη Lorentz) ωθεί τα ηλεκτρόνια στο Ο) και φαίνεται στο σχήμα.

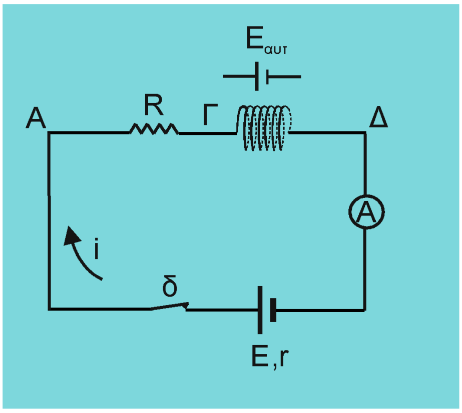
Η ένταση του ρεύματος που θα διαρρέει το κύκλωμα θα είναι

$$I = \frac{E_{\varepsilon\pi,OK}}{R + R_{OK}} \xrightarrow[R_{OK}=\frac{R}{2}]{R=\rho\cdot\frac{L}{S}} I = \frac{\frac{B\cdot\omega\cdot L^2}{8}}{R+\frac{R}{2}} \rightarrow I = \frac{\frac{B\cdot\omega\cdot L^2}{8}}{\frac{3\cdot R}{2}} \rightarrow I = \frac{B\cdot\omega\cdot L^2}{12\cdot R}$$

και θα έχει αντιωρολογιακή φορά.

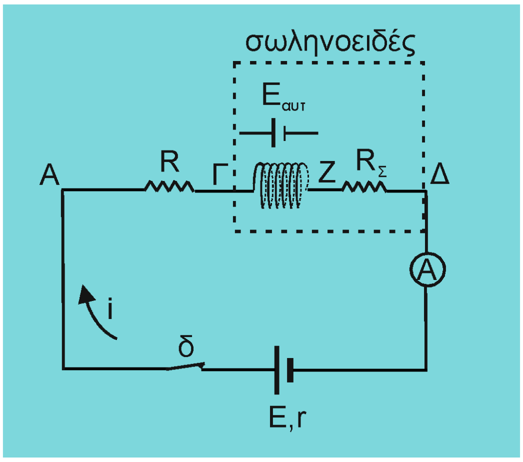
ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Με το κλείσιμο του διακόπτη το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα ωρολογιακής φοράς, το οποίο αυξάνεται προς την τελική τιμή του. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το σωληνοειδές αυξάνεται, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται Η.Ε.Δ. από αυτεπαγωγή, η οποία σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz τείνει να αναιρέσει την αιτία που την προκαλεί, δηλαδή την αύξηση της έντασης του ρεύματος. Έτσι θα εμφανιστεί μια «ανταγωνιστική», προς την πηγή Ε, πολικότητα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τη στιγμή t_1 απόλυτη τιμή της $E_{αυτ}$ θα είναι:



$$|E_{αυτ}| = \left|-L \cdot \frac{di}{dt}\right| \to |E_{αυτ}| = 6\ V$$

Γ2. Έστω ότι το σωληνοειδές εμφανίζει αντίσταση $R_Σ$. Για εποπτικούς λόγους ας τη σχεδιάσουμε δεξιά από το σωληνοειδές. Έτσι ανάμεσα στα σημεία Γ και Δ βλέπουμε ένα ιδανικό σωληνοειδές με άκρα τα Γ και Ζ και μια αντίσταση $R_Σ$ με άκρα τα Ζ και Δ. Από την εφαρμογή του 2ου κανόνα Kirchhoff στο κύκλωμα παίρνουμε:



$$V_{ΑΔ} = V_{ΑΓ} + V_{ΓΖ} + V_{ΖΔ} \to$$
$$\to E - i \cdot r = i \cdot R + |E_{αυτ}| + i \cdot R_Σ \xrightarrow{t_1}$$
$$\to 12 - 1 = 3 + 6 + R_Σ \to R_Σ = 2\ Ω$$

Επομένως το σωληνοειδές δεν είναι ιδανικό.

Γ3. α. $V_{ΑΓ} = i \cdot R \xrightarrow{t_1} V_{ΑΓ} = 3\ V$

$$V_{ΓΔ} = V_{ΓΖ} + V_{ΖΔ} \to V_{ΓΔ} = |E_{αυτ}| + i \cdot R_Σ \xrightarrow{t_1} V_{ΓΔ} = 8\ V$$

Ισοδύναμα

$$V_{ΑΔ} = V_{ΑΓ} + V_{ΓΔ} \to V_{ΓΔ} = V_{ΑΔ} - V_{ΑΓ} \to V_{ΓΔ} = V_π - V_{ΑΓ} \to$$
$$\to V_{ΓΔ} = E - i \cdot r - V_{ΑΓ} \xrightarrow{t_1} V_{ΓΔ} = 8\ V$$

β. Ο ρυθμός αποθήκευσης ενέργειας μαγνητικού πεδίου του σωληνοειδούς είναι

$$\frac{dU_B}{dt} = |E_{\alpha\upsilon\tau}| \cdot i \xrightarrow{t_1} \frac{dU_B}{dt} = 6\ J/s$$

Για την ισχύ που δαπανά το σωληνοειδές ισχύει

$$P_\Sigma = V_{\Gamma\Delta} \cdot i \xrightarrow{t_1} P_\Sigma = 8\ W$$

Ισοδύναμα

$$P_\Sigma = \frac{dU_B}{dt} + i^2 \cdot R_\Sigma \xrightarrow{t_1} P_\Sigma = 8\ W$$

Ισοδύναμα από αρχή διατήρησης ενέργειας

$$P_E = P_R + P_r + P_\Sigma \rightarrow E \cdot i = i^2 \cdot R + i^2 \cdot r + P_\Sigma \rightarrow$$
$$\rightarrow P_\Sigma = E \cdot i - i^2 \cdot R - i^2 \cdot r \xrightarrow{t_1} P_\Sigma = 8\ W$$

Γ4. Έστω ότι το αρχικό σωληνοειδές είχε μήκος ℓ, N σπείρες εμβαδού A η καθεμία, ενώ το σύρμα με το οποίο κατασκευάστηκε έχει μήκος d και εμβαδό διατομής S.

Τότε ο συντελεστής αυτεπαγωγής του θα είναι $L = \mu_0 \cdot \frac{N^2}{\ell} \cdot A$

και η αντίστασή του $R_\Sigma = \rho \cdot \frac{d}{S}$

Κόβοντας το σωληνοειδές σε δύο ίσα τμήματα, το καθένα από αυτά θα έχει συντελεστή αυτεπαγωγής

$$L' = \mu_0 \cdot \frac{(\frac{N}{2})^2}{\frac{\ell}{2}} \cdot A \rightarrow L' = \mu_0 \cdot \frac{\frac{N^2}{4}}{\frac{\ell}{2}} \cdot A \rightarrow L' = \mu_0 \cdot \frac{N^2}{2 \cdot \ell} \cdot A \rightarrow$$
$$\rightarrow L' = \frac{L}{2} \rightarrow L' = 0{,}005\ H$$

και αντίσταση $R'_\Sigma = \rho \cdot \frac{\frac{d}{2}}{S} \rightarrow R'_\Sigma = \rho \cdot \frac{d}{2 \cdot S} \rightarrow R'_\Sigma = \frac{R_\Sigma}{2} \rightarrow R'_\Sigma = 1\Omega$

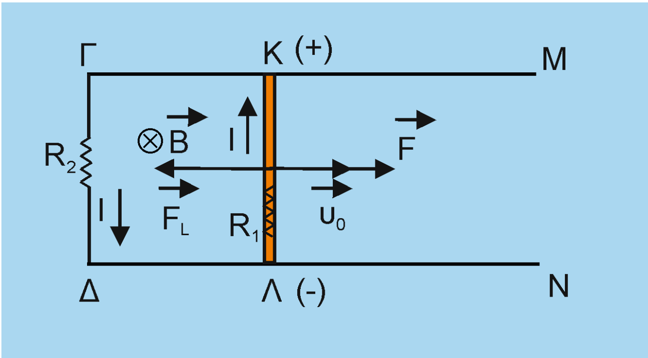
Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου στο νέο σωληνοειδές θα γίνει μέγιστη στην πλήρη μαγνήτισή του, όταν θα έχει τελειώσει το φαινόμενο της αυτεπαγωγής και η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα θα έχει σταθεροποιηθεί στην μέγιστη τιμή της

$$I = \frac{E}{R + R'_{\Sigma} + r} \rightarrow I = 2{,}4\ A$$

Επομένως θα είναι

$$U_{B,max} = \frac{1}{2} \cdot L' \cdot I^2 \rightarrow U_{B,max} = 0{,}0144\ J$$

ΘΕΜΑ Δ



Δ1. Τη στιγμή $t_0 = 0$ είναι

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 \rightarrow P_2 = \left(\frac{E_{\varepsilon\pi,0}}{R_1 + R_2}\right)^2 \cdot R_2 \rightarrow$$

$$\rightarrow P_2 = \left(\frac{B \cdot \upsilon_0 \cdot \ell}{R_1 + R_2}\right)^2 \cdot R_2 \rightarrow \upsilon_0 = 10\ m/s$$

Δ2. Τη στιγμή $t_0 = 0$ είναι

$$F_{L,0} = B \cdot I_0 \cdot \ell \rightarrow F_{L,0} = B \cdot \frac{E_{\varepsilon\pi,0}}{R_1 + R_2} \cdot \ell \rightarrow$$

$$\rightarrow F_{L,0} = B \cdot \frac{B \cdot \upsilon_0 \cdot \ell}{R_1 + R_2} \cdot \ell \rightarrow F_{L,0} = 1N$$

Επειδή $F_{L,0} > F$ η συνισταμένη δύναμη που δέχεται ο αγωγός είναι αντίρροπη της ταχύτητάς του, οπότε αρχίζει να επιβραδύνεται. Εφαρμόζουμε το 2ο νόμο Newton και έχουμε για το μέτρο της επιτάχυνσης

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{\alpha} \rightarrow F_L - F = m \cdot \alpha \rightarrow B \cdot I \cdot \ell - F = m \cdot \alpha \rightarrow$$

$$\rightarrow B \cdot \frac{B \cdot \upsilon \cdot \ell}{R_1 + R_2} \cdot \ell - F = m \cdot \alpha \rightarrow \alpha = \frac{B^2 \cdot \upsilon \cdot \ell^2}{m \cdot (R_1 + R_2)^2} - \frac{F}{m} \quad (1)$$

Από την τελευταία σχέση παρατηρούμε ότι η μείωση του μέτρου της ταχύτητας προκαλεί μείωση του μέτρου της επιτάχυνσης. Επομένως ο αγωγός ΚΛ εκτελεί επιβραδυνόμενη κίνηση με μειούμενο ρυθμό, μέχρι τη στιγμή που μηδενίζεται η επιτάχυνσή του, οπότε αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα. Θέτοντας στη σχέση (1) α = 0, προκύπτει $\upsilon_{op} = 5$ m/s.

Δ3. Η ενέργεια που προσφέρεται στον αγωγό μέσω του έργου της $\vec{F}$ και η μείωση της κινητικής ενέργειας του αγωγού οδηγούν σε παραγωγή θερμότητας στο κύκλωμα. Πράγματι κάποια τυχαία στιγμή ισχύει

$$P_F = F \cdot \upsilon \cdot \sigma\upsilon\nu 0^0 \rightarrow P_F = F \cdot \upsilon$$

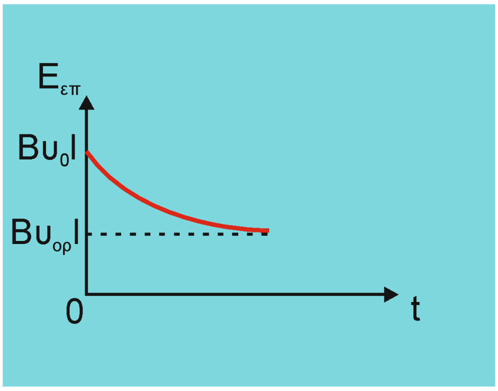
- $\dfrac{dK}{dt}=\dfrac{dW_{\Sigma F}}{dt}\rightarrow\dfrac{dK}{dt}=\dfrac{\Sigma F\cdot dx\cdot \sigma\upsilon\nu 180^0}{dt}\rightarrow\dfrac{dK}{dt}=-\Sigma F\cdot\upsilon\rightarrow\dfrac{dK}{dt}=(F-F_L)\cdot\upsilon$

- $P_{\theta\varepsilon\rho\mu}=I^2\cdot(R_1+R_2)\rightarrow P_{\theta\varepsilon\rho\mu}=E_{\varepsilon\pi}\cdot I\rightarrow P_{\theta\varepsilon\rho\mu}=B\cdot\upsilon\cdot\ell\cdot I\rightarrow P_{\theta\varepsilon\rho\mu}=F_L\cdot\upsilon$

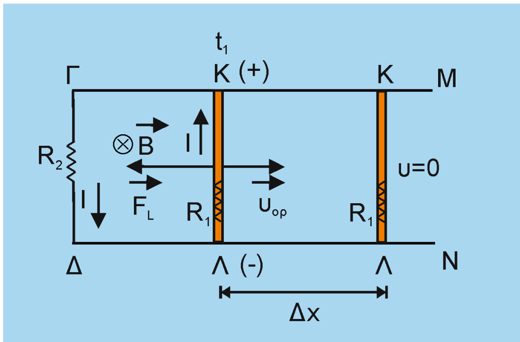
Παρατηρούμε ότι

$$P_F+\left|\frac{dK}{dt}\right|=F\cdot\upsilon+(F_L-F)\cdot\upsilon=F_L\cdot\upsilon\rightarrow P_F+\left|\frac{dK}{dt}\right|=P_{\theta\varepsilon\rho\mu}$$

Δ4. Είναι $E_{\varepsilon\pi}=B\cdot\upsilon\cdot\ell$ και εφόσον το μέτρο της ταχύτητας μειώνεται με μειούμενο ρυθμό, η $E_{\varepsilon\pi}$ θα μειώνεται με μειούμενο ρυθμό, μέχρι να σταθεροποιηθεί, όταν ο αγωγός θα αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα. Το ζητούμενο διάγραμμα φαίνεται στο διπλανό σχήμα



Δ5.α. Εφαρμόζουμε την Α.Δ.Ε. για το σύστημα από τη στιγμή που καταργήθηκε η $\vec{F}$ και μέχρι να σταματήσει ο αγωγός ΚΛ και έχουμε



$K_{\alpha\rho\chi}=Q\rightarrow Q=\dfrac{1}{2}\cdot m\cdot\upsilon_{o\rho}^2\rightarrow$

$\rightarrow Q=1{,}25J$

Σε μια πολύ μικρή χρονική διάρκεια dt θα είναι

$Q_1=I^2\cdot R_1\cdot dt$ και

$Q_2=I^2\cdot R_2\cdot dt$

Διαιρώντας κατά μέλη έχουμε

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{R_1}{R_2}\rightarrow\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{1}{4}\rightarrow\frac{Q_1}{Q_1+Q_2}=\frac{1}{5}\rightarrow\frac{Q_1}{Q}=\frac{1}{5}\rightarrow Q_1=0{,}25\ J$$

β. Από το νόμο του Neumann από τη στιγμή που καταργήθηκε η $\vec{F}$ και μέχρι να σταματήσει ο αγωγός ΚΛ έχουμε

$$|q| = \left|\frac{\Delta\Phi}{R_{ολ}}\right| \rightarrow |q| = \frac{B \cdot A}{R_1 + R_2} \rightarrow |q| = \frac{B \cdot \ell \cdot \Delta x}{R_1 + R_2} \rightarrow |q| = 0{,}5\,C$$