

ΤΑΞΗ: Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Ημερομηνία: Πέμπτη 10 Δεκεμβρίου 2020
Διάρκεια Εξέτασης: 3 ώρες

ΕΚΦΩΝΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Στις ημιτελείς προτάσεις Α1 – Α4 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία τη συμπληρώνει σωστά.

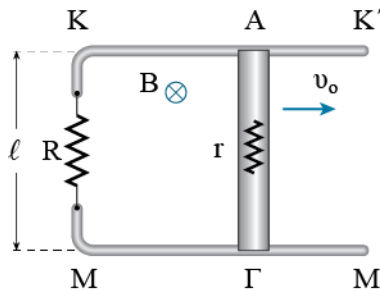
- A1.** Ένας ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης I .
- α.** Ο αγωγός δημιουργεί στον γύρω χώρο ομογενές μαγνητικό πεδίο.
 - β.** Ο αγωγός δημιουργεί στον γύρω χώρο μαγνητικό πεδίο οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι ανοιχτές.
 - γ.** Ο αγωγός δημιουργεί στον γύρω χώρο μαγνητικό πεδίο οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι ομόκεντροι κύκλοι με κέντρο τον αγωγό.
 - δ.** Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός σε κάποιο σημείο, είναι ανάλογο με την απόσταση του σημείου από τον αγωγό.

Μονάδες 5

- A2.** Ένα σωληνοειδές έχει N σπείρες, μήκος l και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης I .
- α.** Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το σωληνοειδές έχει παντού το ίδιο μέτρο.
 - β.** Αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό του σωληνοειδούς ένα πυρήνα μαλακού σιδήρου μαγνητικής διαπερατότητας μ , το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το σωληνοειδές, αυξάνεται.
 - γ.** Αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό του σωληνοειδούς ένα πυρήνα μαλακού σιδήρου μαγνητικής διαπερατότητας μ , το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το σωληνοειδές, μειώνεται.
 - δ.** Το σωληνοειδές δημιουργεί μαγνητικό πεδίο μόνο στο εσωτερικό του.

Μονάδες 5

A3. Στο παρακάτω σχήμα τα παράλληλα οριζόντια σύρματα $ΚΚ'$ και $ΜΜ'$ έχουν αμελητέα αντίσταση και τα δυο τους άκρα συνδέονται με αντίσταση R . Ο αγωγός $ΑΓ$ μήκους ℓ και αντίστασης r μπορεί να κινείται χωρίς τριβές έχοντας τα άκρα του συνεχώς πάνω στα δυο σύρματα. Κάθετα στο επίπεδο των αγωγών υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B με την κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ δίνουμε στον αγωγό $ΑΓ$ αρχική ταχύτητα v_0 προς τα δεξιά.



α. Ο αγωγός $ΑΓ$ θα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο θα μειώνεται και τελικά θα μηδενιστεί όταν ο αγωγός σταματήσει.

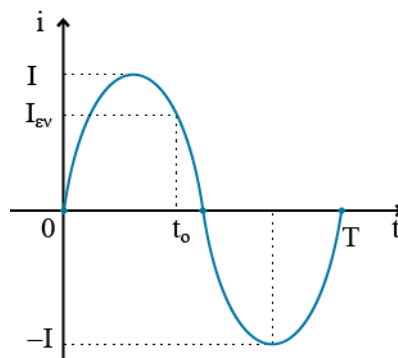
β. Ο αγωγός $ΑΓ$ θα εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με σταθερή ταχύτητα μέτρου $v=v_0$.

γ. Το μέτρο της ταχύτητας του αγωγού $ΑΓ$ θα μειώνεται μέχρις ότου αποκτήσει μια σταθερή τιμή, την οριακή ταχύτητα. Με την ταχύτητα αυτή ο αγωγός θα συνεχίσει να κινείται ευθύγραμμα ομαλά.

δ. Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του αγωγού είναι σταθερός.

Μονάδες 5

A4. Στα άκρα μιας ωμικής αντίστασης εφαρμόζεται εναλλασσόμενο ρεύμα περιόδου T που περιγράφεται από το παρακάτω διάγραμμα. Η χρονική στιγμή t_0 είναι:



α. $t_0 = \frac{7T}{8}$

β. $t_0 = \frac{T}{8}$

γ. $t_0 = \frac{9T}{8}$

δ. $t_1 = \frac{3T}{8}$

Μονάδες 5

A5. Να γράψετε στο τετράδιό σας το γράμμα κάθε πρότασης και δίπλα σε κάθε γράμμα τη λέξη **Σωστό**, για τη σωστή πρόταση, και τη λέξη **Λάθος**, για τη λανθασμένη.

α. Ένας κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης I . Ο αγωγός δημιουργεί στο γύρω χώρο μαγνητικό πεδίο. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα του κυκλικού αγωγού τόσο μικρότερο είναι το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός στο κέντρο του.

β. Ένα σωληνοειδές διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης I . Η μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του σωληνοειδούς έχει το ίδιο μέτρο.

γ. Ένας ευθύγραμμος αγωγός μήκους ℓ και αντίστασης R , κινείται με σταθερή ταχύτητα v μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B έτσι ώστε, ο αγωγός, η ταχύτητά του και η ένταση του μαγνητικού πεδίου να σχηματίζουν τρισορθογώνιο σύστημα. Τότε, η διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού είναι ίση με την ΗΕΔ από επαγωγή που εμφανίζεται σ' αυτόν.

δ. Ένα τετραγωνικό κλειστό πλαίσιο πλευράς a και αντίστασης R , κινείται με σταθερή ταχύτητα v μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B κάθετα στις δυναμικές του γραμμές. Τότε, το πλαίσιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης

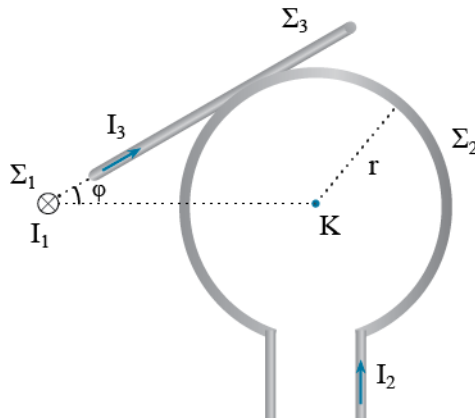
$$I = \frac{Bva}{R}.$$

ε. Η στιγμιαία ισχύς ενός εναλλασσόμενου ρεύματος μεγιστοποιείται ανά $\Delta t = 0,01s$. Η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι $f = 100Hz$.

Μονάδες 5

ΘΕΜΑ Β

- B1.** Στο παρακάτω σχήμα ο ευθύγραμμος αγωγός Σ_1 είναι κάθετος στο επίπεδο του σχήματος και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης $I_1=I$ με κατεύθυνση προς τα μέσα. Ο κυκλικός αγωγός Σ_2 έχει ακτίνα r και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης $I_2 = \frac{I}{\pi}$ με την κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα. Ο ευθύγραμμος αγωγός Σ_3 εφάπτεται στον κυκλικό αγωγό, διαρρέεται από ηλεκτρικό σταθερής έντασης $I_3=I$ και η προέκτασή του σχηματίζει με την προέκταση της διαμέτρου του κυκλικού αγωγού γωνία $\varphi=30^\circ$. Αν η μαγνητική σταθερά είναι k_μ , το μέτρο της έντασης του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού είναι:



α. $B = k_\mu \frac{I}{r}$

β. $B = k_\mu \frac{2I}{r}$

γ. $B = k_\mu \frac{2\pi I}{r}$

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση.

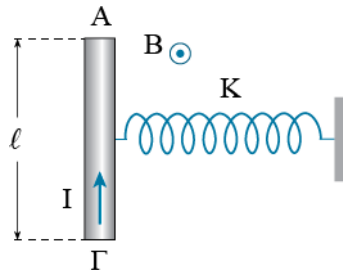
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 2

Μονάδες 6

- B2.** Ένας αγωγός ΑΓ μάζας m και μήκους ℓ ισορροπεί στο οριζόντιο επίπεδο με το κέντρο μάζας του να είναι στερεωμένο στο ελεύθερο άκρο ενός οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς K , το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο. Κάθετα στο οριζόντιο επίπεδο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B με την κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα. Αρχικά το ελατήριο έχει το φυσικό του

μήκος. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ τροφοδοτούμε τον αγωγό με ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης I με την κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα. Αν δεν υπάρχουν τριβές, το μέτρο της μέγιστης ταχύτητας που θα αποκτήσει ο αγωγός κατά την κίνησή του είναι:



α. $v_{\max} = \frac{2BI\ell}{\sqrt{Km}}$

β. $v_{\max} = \frac{BI\ell}{\sqrt{Km}}$

γ. $v_{\max} = \frac{BI\ell}{K\sqrt{m}}$

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 7

B3. Μια ωμική αντίσταση R τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση, η χρονική εξίσωση της οποίας είναι $v=V\eta\mu\omega t$. Τη χρονική στιγμή t_1 η στιγμιαία ισχύς γίνεται για πρώτη φορά ίση με τη μέση ισχύ, ενώ τη χρονική στιγμή t_2 γίνεται για τρίτη φορά ίση με τη μέση ισχύ. Αν T είναι η περίοδος της εναλλασσόμενης τάσης, το χρονικό διάστημα $\Delta t=t_2-t_1$ είναι:

α. $\Delta t = \frac{T}{4}$

β. $\Delta t = \frac{T}{8}$

γ. $\Delta t = \frac{T}{2}$

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 6

ΘΕΜΑ Γ

Μια ωμική αντίσταση $R=10\Omega$ τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση, η χρονική εξίσωση της οποίας είναι $v=200\eta\mu\omega t$. Τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{1}{400}s$ η στιγμιαία τάση γίνεται ίση με την ενεργό τάση για πρώτη φορά.

Γ1. Να υπολογίσετε πόσες φορές μηδενίζεται η εναλλασσόμενη τάση από τη χρονική στιγμή $t_2=0,005s$ μέχρι τη χρονική στιγμή $t_3=0,085s$.

Μονάδες 5

Γ2. Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος και να τη σχεδιάσετε για χρόνο μιας περιόδου.

Μονάδες 5

Γ3. Να γράψετε τη σχέση που δείχνει τη μεταβολή της φάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο και να τη σχεδιάσετε από τη χρονική στιγμή $t_0=0$ μέχρι τη χρονική στιγμή t_4 στην οποία η στιγμιαία ισχύς παίρνει τη μέγιστη τιμή της για τέταρτη φορά.

Μονάδες 2+6

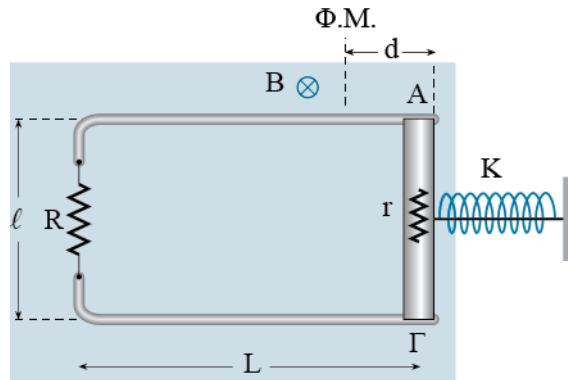
Γ4. Τη χρονική στιγμή $t_5=10,035s$ διπλασιάζουμε το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης. Να υπολογίσετε τη συνολική θερμότητα που θα παραχθεί στην αντίσταση R από τη χρονική στιγμή t_4 μέχρι τη χρονική στιγμή $t_6=20,035s$.

Μονάδες 7

ΘΕΜΑ Δ

Στο παρακάτω σχήμα ο αγωγός ΑΓ μήκους $\ell=0,4m$, μάζας $m=1Kg$ και αντίστασης $r=1\Omega$ ισορροπεί μέσω ενός νήματος, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ακουμπώντας στο ένα άκρο οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $K=100N/m$. Το ελατήριο είναι συσπειρωμένο κατά d , ενώ το άλλο του άκρο είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο. Στο σημείο ισορροπίας του αγωγού η τάση του νήματος είναι $T_{\max}=40N$ ενώ η στατική τριβή είναι μηδέν. Ο αγωγός μπορεί να κινείται έχοντας τα άκρα του πάνω σε δυο οριζόντια σύρματα μήκους $L=10m$ το καθένα και αμελητέας αντίστασης, τα δυο άκρα των οποίων είναι συνδεδεμένα με αντίσταση $R=3\Omega$. Κάθετα στο επίπεδο των αγωγών υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=10T$ με την κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ κόβουμε το νήμα και ο αγωγός

αρχίζει να κινείται. Όταν το ελατήριο φτάσει στο φυσικό του μήκος ο αγωγός αποχωρίζεται από αυτό έχοντας ταχύτητα $v_1=2\text{m/s}$, ενώ μέχρι τη στιγμή αυτή η θερμότητα που παράγεται λόγω τριβών είναι ίση με τη συνολική θερμότητα που παράγεται στις αντιστάσεις του κυκλώματος.



- Δ1.** Να υπολογίσετε την τριβή που εμφανίζεται στην κίνηση του αγωγού. **Μονάδες 6**
- Δ2.** Να υπολογίσετε το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα τη χρονική στιγμή που το ελατήριο έχει το φυσικό του μήκος. **Μονάδες 4**
- Δ3.** Τη χρονική στιγμή t_1 που ο αγωγός αποχωρίζεται από το ελατήριο ασκούμε στο κέντρο μάζας αυτού μια σταθερή δύναμη $F=11,5\text{N}$ με κατεύθυνση προς τα αριστερά. Να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός. **Μονάδες 7**
- Δ4.** Να υπολογίσετε τη συνολική θερμότητα που θα έχει παραχθεί στην αντίσταση του αγωγού από τη στιγμή που κόβουμε το νήμα μέχρι ο αγωγός να φτάσει στην άκρη των συρμάτων. **Μονάδες 8**

Να θεωρήσετε:

- ο τις αντιστάσεις του αέρα αμελητέες.
- ο ότι τα σχήματα δεν είναι υπό κλίμακα.
- ο Ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα πριν φτάσει στο άλλο άκρο των συρμάτων.

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
ΘΕΜΑ Α

Στις ημιτελείς προτάσεις **A1 – A4** να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της πρότασης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση η οποία τη συμπληρώνει σωστά.

- A1.** γ
A2. β
A3. α
A4. δ
A5. Σ, Λ, Σ, Λ, Λ

ΘΕΜΑ Β

B1. Σωστή η α.

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός Σ_3 στο σημείο Κ είναι:

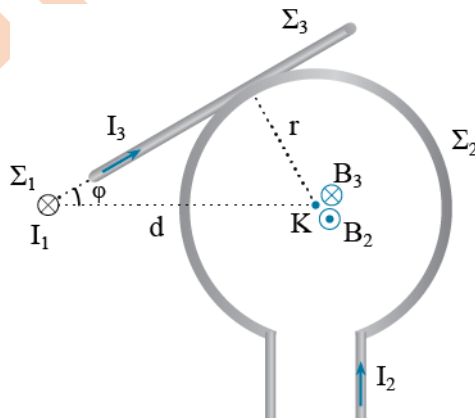
$$B_3 = k_\mu \frac{2I_3}{r} = k_\mu \frac{2I}{r}$$

Με κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο του σχήματος, προς τα μέσα.

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός Σ_2 στο σημείο Κ είναι:

$$B_2 = k_\mu \frac{2\pi I_2}{r} = k_\mu \frac{2\pi I}{\pi r} = k_\mu \frac{2I}{r}$$

Με κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο του σχήματος, προς τα έξω.



Οι δυο παραπάνω εντάσεις είναι αντίθετες και δίνουν συνισταμένη μηδέν.

Υπολογίζουμε την απόσταση του αγωγού Σ_1 από το σημείο Κ.

$$\eta\mu\phi = \frac{r}{d} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{r}{d} \Rightarrow d = 2r$$

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός Σ_1 στο σημείο Κ είναι:

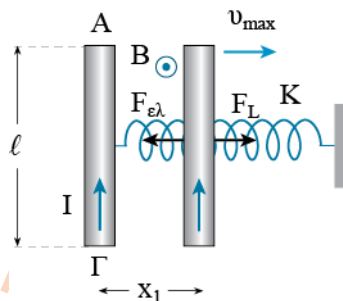
$$B_1 = k_\mu \frac{2I_1}{d} = k_\mu \frac{2I}{2r} = k_\mu \frac{I}{r}$$

Η συνολική ένταση στο σημείο Κ είναι:

$$B = B_1 \Rightarrow B = k_\mu \frac{I}{r}$$

B2. Σωστή η β.

Όταν τροφοδοτήσουμε τον αγωγό με ηλεκτρικό ρεύμα θα ασκηθεί σ' αυτόν από το μαγνητικό πεδίο μια δύναμη Laplace προς τα δεξιά. Έτσι ο αγωγός θα κινηθεί με την επίδραση της δύναμης Laplace και της δύναμης του ελατηρίου.



Στο σημείο στο οποίο θα αποκτήσει μέγιστη ταχύτητα θα ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_L = F_{\varepsilon\lambda} \Rightarrow BI\ell = Kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{BI\ell}{K}$$

Εφαρμόζουμε το Θ.Μ.Κ.Ε. στην κίνηση του αγωγού από την αρχική θέση μέχρι την παραπάνω θέση.

$$\begin{aligned} \Sigma W = \Delta K &\Rightarrow W_{F_L} + W_{F_{\varepsilon\lambda}} = K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} \xrightarrow{K_{\text{αρχ}}=0} F_L x_1 + U_{\varepsilon\lambda, \text{αρχ}} - U_{\varepsilon\lambda, \text{τελ}} = K_{\text{τελ}} \xrightarrow{U_{\varepsilon\lambda, \text{αρχ}}=0} \\ &\Rightarrow F_L x_1 - \frac{1}{2} K x_1^2 = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 \Rightarrow BI\ell \frac{BI\ell}{K} - \frac{1}{2} K \left(\frac{BI\ell}{K} \right)^2 = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{(BI\ell)^2}{K} - \frac{(BI\ell)^2}{2K} = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 \Rightarrow \frac{(BI\ell)^2}{2K} = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 \Rightarrow v_{\text{max}} = \frac{BI\ell}{\sqrt{Km}} \end{aligned}$$

B3. Σωστή η γ.

Από τη στιγμιαία ισχύ του εναλλασσόμενου ρεύματος παίρνουμε:

$$P = iv = I\eta\omega t \cdot V\eta\omega t \Rightarrow P = IV\eta\mu^2\omega t$$

$$P = P_{\mu} \Rightarrow IV\eta\mu^2\omega t = I_{\text{ev}} V_{\text{ev}} \Rightarrow IV\eta\mu^2\omega t = \frac{I}{\sqrt{2}} \frac{V}{\sqrt{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow IV\eta\mu^2\omega t = \frac{IV}{2} \Rightarrow \eta\mu^2\omega t = \frac{1}{2} \Rightarrow \eta\omega t = \pm \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Από την επίλυση των παραπάνω τριγωνομετρικών εξισώσεων παίρνουμε:

$$\eta\omega t = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \eta\omega t = \eta\mu \frac{\pi}{4} \Rightarrow \begin{cases} \omega t = 2\kappa\pi + \frac{\pi}{4} \xrightarrow{\kappa=0} \frac{2\pi}{T} t = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{T}{8} \\ \omega t = 2\kappa\pi + \pi - \frac{\pi}{4} \xrightarrow{\kappa=0} \frac{2\pi}{T} t = \frac{3\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{3T}{8} \end{cases}$$

$$\eta\omega t = -\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \eta\omega t = \eta\mu \left(-\frac{\pi}{4}\right) \Rightarrow \begin{cases} \omega t = 2\kappa\pi - \frac{\pi}{4} \xrightarrow{\kappa=1} \frac{2\pi}{T} t = \frac{7\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{7T}{8} \\ \omega t = 2\kappa\pi + \pi + \frac{\pi}{4} \xrightarrow{\kappa=0} \frac{2\pi}{T} t = \frac{5\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{5T}{8} \end{cases}$$

Η πρώτη φορά είναι η χρονική στιγμή $t_1 = \frac{T}{8}$ και η τρίτη φορά είναι η χρονική στιγμή $t_2 = \frac{5T}{8}$. Το χρονικό διάστημα Δt είναι:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{5T}{8} - \frac{T}{8} = \frac{4T}{8} = \frac{T}{2}$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Υπολογίζουμε την περίοδο της εναλλασσόμενης τάσης.

$$v = V_{\text{ev}} \Rightarrow V\eta\omega t = \frac{V}{\sqrt{2}} \Rightarrow \eta\omega t = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \eta\omega t = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta\omega t = \eta\mu \frac{\pi}{4} \Rightarrow \begin{cases} \omega t = 2\kappa\pi + \frac{\pi}{4} \xrightarrow{1\text{η φορά, } \kappa=0} \frac{2\pi}{T} \frac{1}{400} = \frac{\pi}{4} \Rightarrow T = 0,02\text{s} \\ \omega t = 2\kappa\pi + \pi - \frac{\pi}{4} \text{ απορρίπτεται} \end{cases}$$

Σε κάθε περίοδο η εναλλασσόμενη τάση μηδενίζεται δυο φορές. Υπολογίζουμε σε πόσες περιόδους αντιστοιχεί το χρονικό διάστημα Δt .

$$N = \frac{\Delta t}{T} = \frac{0,085 - 0,005}{0,02} = 4 \text{ περιόδοι}$$

Επομένως η εναλλασσόμενη τάση μηδενίζεται 8 φορές.

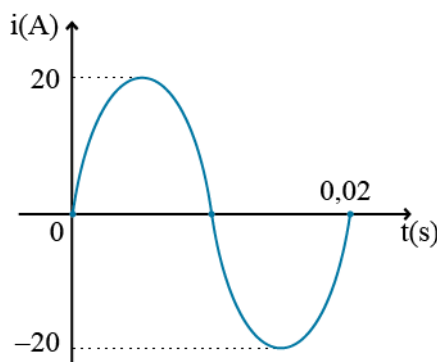
Γ2. Η χρονική εξίσωση της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{10} = 20 \text{ A}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,02} = 100\pi \text{ rad / s}$$

$$i = I\eta\mu\omega t \Rightarrow i = 20\eta\mu 100\pi t$$

Το διάγραμμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Γ3. Η φάση του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο είναι:

$$\varphi = \omega t \Rightarrow \varphi = 100\pi t$$

Υπολογίζουμε τη χρονική στιγμή που η στιγμιαία ισχύς παίρνει τη μέγιστη τιμή της για τέταρτη φορά.

$$P = P_{\max} \Rightarrow IV\eta\mu^2\omega t = IV \Rightarrow \eta\mu^2\omega t = 1 \Rightarrow \eta\mu\omega t = \pm 1$$

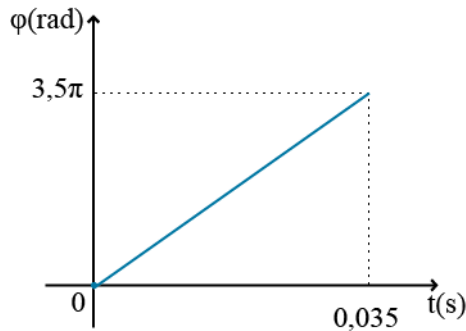
$$\eta\mu\omega t = 1 \Rightarrow \eta\mu\omega t = \eta\mu \frac{\pi}{2} \Rightarrow \begin{cases} \omega t = 2\kappa\pi + \frac{\pi}{2} \\ \omega t = 2\kappa\pi + \pi - \frac{\pi}{2} \end{cases} \xrightarrow{\kappa=0} \omega t = 2\kappa\pi + \frac{\pi}{2}$$

$$\eta\mu\omega t = -1 \Rightarrow \eta\mu\omega t = \eta\mu \left(-\frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \begin{cases} \omega t = 2\kappa\pi - \frac{\pi}{2} \\ \omega t = 2\kappa\pi + \pi + \frac{\pi}{2} \end{cases} \xrightarrow{\kappa=1} \omega t = 2\kappa\pi + \frac{3\pi}{2} \xrightarrow{\kappa=0} \omega t = 2\kappa\pi + \frac{3\pi}{2}$$

Η τέταρτη φορά προκύπτει από την δεύτερη λύση και $\kappa=1$.

$$\omega t = 2\kappa\pi + \frac{3\pi}{2} \xrightarrow{\kappa=1} 100\pi t_4 = \frac{7\pi}{2} \Rightarrow t_4 = \frac{7}{200} = 0,035 \text{ s}$$

Και το διάγραμμα φάσης χρόνου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Γ4. Η αρχική ενεργός τιμή της έντασης είναι:

$$I_{\text{ev}} = \frac{I}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = \frac{20\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \text{ A}$$

Όταν διπλασιάσουμε το πλάτος της τάσης η ενεργός τιμή γίνεται:

$$I' = \frac{2V}{R} = \frac{400}{10} = 40 \text{ A}$$

$$I'_{\text{ev}} = \frac{I'}{\sqrt{2}} = \frac{40}{\sqrt{2}} = \frac{40\sqrt{2}}{2} = 20\sqrt{2} \text{ A}$$

Από τη χρονική στιγμή t_4 μέχρι τη χρονική στιγμή t_5 θα έχουμε την πρώτη τιμή της ενεργού έντασης, ενώ από τη χρονική στιγμή t_5 μέχρι τη χρονική στιγμή t_6 θα έχουμε τη δεύτερη.

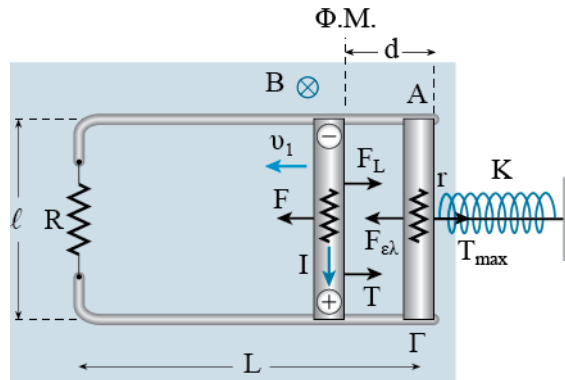
Το συνολικό ποσό θερμότητας που θα παραχθεί στην αντίσταση είναι:

$$Q = Q_1 + Q_2 = I_{\text{ev}}^2 R (t_5 - t_4) + I'_{\text{ev}}{}^2 R (t_6 - t_5) = (10\sqrt{2})^2 10 \cdot 10 + (20\sqrt{2})^2 10 \cdot 10 \Rightarrow \\ \Rightarrow Q = 20000 + 80000 \Rightarrow Q = 10^5 \text{ J}$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Από την ισορροπία του αγωγού υπολογίζουμε τη συσπείρωση d του ελατηρίου.

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_{\text{ελ}} = T_{\text{max}} \Rightarrow Kd = T_{\text{max}} \Rightarrow 100d = 40 \Rightarrow d = 0,4 \text{ m}$$



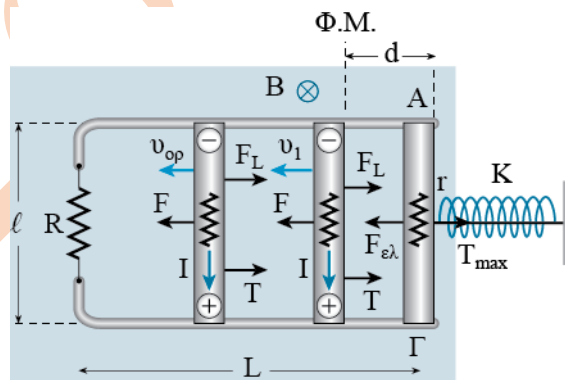
Εφαρμόζουμε το Θ.Μ.Κ.Ε. στην κίνηση του αγωγού.

$$\begin{aligned} \Sigma W &= \Delta K \Rightarrow W_{F_{\epsilon\lambda}} + W_{F_L} + W_T = K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} \xrightarrow{W_T = W_{F_L}, K_{\text{αρχ}} = 0} W_{F_{\epsilon\lambda}} + 2W_T = K_{\text{τελ}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow U_{\epsilon\lambda, \text{αρχ}} - U_{\epsilon\lambda, \text{τελ}} + 2W_T = K_{\text{τελ}} \xrightarrow{U_{\epsilon\lambda, \text{τελ}} = 0} \frac{1}{2} K d^2 - 2T d = \frac{1}{2} m v_1^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{2} 100 \cdot 0,4^2 - 2T \cdot 0,4 = \frac{1}{2} 1 \cdot 2^2 \Rightarrow 8 - 0,8T = 2 \Rightarrow 0,8T = 6 \Rightarrow T = 7,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Δ2. Το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα είναι:

$$I = \frac{E_{\epsilon\pi}}{R + r} = \frac{B v_1 \ell}{R + r} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 0,4}{4} = 2 \text{ A}$$

Δ3. Όταν ο αγωγός αποκτήσει οριακή ταχύτητα ισχύει:



$$\begin{aligned} \Sigma F &= 0 \Rightarrow F = F_L + T \Rightarrow F = B I_{\epsilon\pi} \ell + T \Rightarrow F = B \frac{E_{\epsilon\pi}}{R_{\text{ολ}}} \ell + T \Rightarrow \\ &\Rightarrow F = B \frac{B v_{\text{οπ}} \ell}{R_{\text{ολ}}} \ell + T \Rightarrow F = \frac{B^2 v_{\text{οπ}} \ell^2}{R_{\text{ολ}}} + T \Rightarrow 11,5 = \frac{10^2 v_{\text{οπ}} 0,4^2}{4} + 7,5 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 4 = 4 v_{\text{οπ}} \Rightarrow v_{\text{οπ}} = 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Δ4. Εφαρμόζουμε το Θ.Μ.Κ.Ε. από την αρχική θέση του αγωγού μέχρι να φτάσει αυτός στην άκρη των συρμάτων και υπολογίζουμε το συνολικό έργο της δύναμης Laplace.

$$\begin{aligned} \Sigma W &= \Delta K \Rightarrow W_{F_{\text{ελ}}} + W'_{F_L} + W'_T + W_F = K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} \xrightarrow{K_{\text{αρχ}}=0} \\ \Rightarrow U_{\text{ελ,αρχ}} - U_{\text{ελ,τελ}} + W'_{F_L} + W'_T + W_F &= K_{\text{τελ}} \xrightarrow{U_{\text{ελ,τελ}}=0} U_{\text{ελ,αρχ}} + W'_{F_L} + W'_T + W_F = K_{\text{τελ}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{2} K d^2 + W'_{F_L} - T \cdot L + F(L-d) = \frac{1}{2} m v_{\text{op}}^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{2} 100 \cdot 0,4^2 + W'_{F_L} - 7,5 \cdot 10 + 11,5 \cdot 9,6 = \frac{1}{2} 1 \cdot 1^2 \Rightarrow \\ 8 + W'_{F_L} - 75 + 110,4 &= 0,5 \Rightarrow W'_{F_L} + 43,4 = 0,5 \Rightarrow W'_{F_L} = -42,9 \text{ J} \end{aligned}$$

Το συνολικό ποσό θερμότητας στις αντιστάσεις είναι:

$$Q = |W'_{F_L}| = 42,9 \text{ J}$$

Βρίσκουμε τη σχέση των θερμότητων στις δυο αντιστάσεις.

$$\begin{aligned} \frac{dQ_r}{dQ_R} &= \frac{I^2 r dt}{I^2 R dt} \Rightarrow \frac{dQ_r}{dQ_R} = \frac{r}{R} \Rightarrow \frac{dQ_r}{dQ_R} = \frac{1}{3} \Rightarrow dQ_R = 3dQ_r \Rightarrow \\ \Sigma dQ_R &= 3 \Sigma dQ_r \Rightarrow Q_R = 3Q_r \end{aligned}$$

Και η συνολική θερμότητα που παράγεται στην αντίσταση του αγωγού είναι:

$$Q = Q_R + Q_r \xrightarrow{Q_R=3Q_r} Q = 4Q_r \Rightarrow Q_r = \frac{Q}{4} = \frac{42,9}{4} = 10,725 \text{ J}$$