

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ
ΘΕΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΘΕΜΑ 1ο

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

1. Η ΗΕΔ μιας ηλεκτρικής πηγής εκφράζει:

- α. την ενέργεια που παρέχει η πηγή σε κάθε μονάδα φορτίου που διέρχεται μέσα από αυτή.
- β. τη διαφορά δυναμικού στους πόλους της πηγής, όταν η πηγή διαρρέεται από ρεύμα.
- γ. το φορτίο που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα.
- δ. την ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα στο εσωτερικό της πηγής, στη μονάδα του χρόνου.

(Μονάδες 4)

2. Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Αν το πλαίσιο κινείται με σταθερή ταχύτητα $\vec{v}$, με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, τότε:

- α. το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα που έχει τη φορά των δεικτών του ρολογιού.
- β. το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα που έχει φορά αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.
- γ. το πλαίσιο δε διαρρέεται από ρεύμα.
- δ. η φορά του ρεύματος εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας $\vec{v}$.

(Μονάδες 4)

3. Στα άκρα κυκλώματος, το οποίο περιλαμβάνει ωμική αντίσταση, ιδανικό πηνίο και πυκνωτή, συνδεδεμένα σε σειρά, εφαρμόζεται εναλλασσόμενη

τάση $V = V_0 \eta \mu \omega t$. Αν η επαγωγική αντίσταση του πηνίου αυξηθεί, τότε η εμπέδηση του κυκλώματος:

α. θα αυξηθεί.

β. θα ελαττωθεί.

γ. θα παραμείνει η ίδια.

δ. μπορεί να είναι οποιοδήποτε από τα παραπάνω.

(Μονάδες 5)

4. Σε μια απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους x_0 η κινητική ενέργεια είναι ίση με τη δυναμική ενέργεια στις θέσεις:

α. $x = 0$

β. $x = \pm x_0$

γ. $x = \pm \frac{x_0 \sqrt{2}}{2}$

δ. $x = \pm x_0 \sqrt{2}$

(Μονάδες 4)

5. Να χαρακτηρίσετε κάθε μια από τις παρακάτω προτάσεις ως σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ).

Κύκλωμα εναλλασσομένου ρεύματος RLC με ιδανικά στοιχεία σε σειρά τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V = V_0 \eta \mu \omega t$ και παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά.

α. Η εμπέδηση του πηνίου είναι μικρότερη από την εμπέδηση του πυκνωτή.

β. Η τάση της πηγής καθυστερεί σε σχέση με την ένταση του ρεύματος κατά γωνία θ .

γ. Για να αποκτήσει το κύκλωμα ωμική συμπεριφορά πρέπει να μειώσουμε την τιμή της χωρητικότητας C του πυκνωτή.

δ. Για να αποκτήσει το κύκλωμα ωμική συμπεριφορά πρέπει να μειώσουμε την τιμή του συντελεστή αυτεπαγωγής L .

(Μονάδες 4)

6. Να χαρακτηρίσετε κάθε μια από τις παρακάτω προτάσεις ως σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ).

Η περίοδος της ταλάντωσης ενός συστήματος ελατηρίου-μάζας εξαρτάται:

- α. από τη μάζα m .
- β. από το πλάτος της ταλάντωσης.
- γ. από τη σταθερά K του ελατηρίου.
- δ. από την αρχική φάση της ταλάντωσης.

(Μονάδες 4)

ΘΕΜΑ 2ο

1. Να αναφέρετε δύο κανόνες της Φυσικής που είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας και να δώσετε τις διατυπώσεις τους.

(Μονάδες 7)

2. Σε ένα κύκλωμα RLC σε σειρά ο συντελεστής ισχύος είναι $\cos\theta = \frac{1}{2}$. Η συμπεριφορά του κυκλώματος είναι:

- α. επαγωγική.
- β. χωρητική.
- γ. ωμική.

Να επιλέξετε τις σωστές προτάσεις και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

(Μονάδες 8)

3. Ένα σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με κυκλική συχνότητα ω και πλάτος x_0 . Να γράψετε τις εξισώσεις της απομάκρυνσης x , της ταχύτητας v και της επιτάχυνσης a του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο, αν τη χρονική στιγμή $t = 0$ είναι $x = 0$ και $v < 0$.

(Μονάδες 10)

ΘΕΜΑ 3ο

Αντιστάτης με ωμική αντίσταση R και πυκνωτής με χωρητικότητα C συνδέονται σε σειρά και το σύστημα τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση, η οποία έχει εξίσωση $V = 400\sqrt{2}\sin 200t$ (S.I.). Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από την εξίσωση $I = 2\sin(200t + \frac{\pi}{4})$ (S.I.).

- A.** Να υπολογίσετε την εμπέδηση του κυκλώματος και τη διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του κυκλώματος και της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

(Μονάδες 6)

- B.** Να προσδιορίσετε τις τιμές της ωμικής αντίστασης R του αντιστάτη και της χωρητικότητας C του πυκνωτή.

(Μονάδες 6)

- Γ.** Ανάμεσα στον αντιστάτη και τον πυκνωτή συνδέεται ιδανικό πηνίο.

- Γ1.** Να υπολογίσετε το συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου, ώστε ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος να γίνει ίσος με τη μονάδα.

(Μονάδες 6)

- Γ2.** Να υπολογίσετε την ενεργό τιμή της τάσης στα άκρα του συστήματος πηνίο–πυκνωτής.

(Μονάδες 7)

ΘΕΜΑ 4ο

Μικρή μεταλλική σφαίρα μάζας $m = 0,1\text{ kg}$ φέρει ηλεκτρικό φορτίο $q = 10^{-3}\text{ C}$. Η σφαίρα είναι δεμένη με μονωτικό σύνδεσμο στο ελεύθερο άκρο ενός οριζόντιου ελατηρίου σταθεράς $k = 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, του οποίου το άλλο άκρο είναι ακλόνητα στερεωμένο. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου $E = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες προς τον άξονα του ελατηρίου. Η σφαίρα ισορροπεί πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο από μονωτικό υλικό και το ελατή-

ριο είναι επιμηκυνμένο. Εκτρέπουμε τη σφαίρα από τη θέση ισορροπίας της κατά τη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου κατά $x_0 = 0,1 \text{ m}$ και την αφήνουμε ελεύθερη να κινηθεί.

α. Να αποδείξετε ότι η σφαίρα θα εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση.

(Μονάδες 7)

β. Να υπολογίσετε την περίοδο της ταλάντωσης.

(Μονάδες 5)

γ. Να γράψετε την εξίσωση του μέτρου της δύναμης του ελατηρίου σε συνάρτηση με το χρόνο, αν ως αρχή των χρόνων ($t = 0$) θεωρήσουμε τη χρονική στιγμή που η σφαίρα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας της και κινείται κατά τη θετική φορά.

(Μονάδες 7)

δ. Αν τη στιγμή που η σφαίρα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας της και κινείται κατά τη θετική φορά καταργηθεί ακαριαία το ηλεκτρικό πεδίο, ποιο θα είναι το πλάτος της ταλάντωσης της σφαίρας.

(Μονάδες 6)

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ 1ο

1α, 2γ, 3δ, 4γ, 5 αλ, βλ, γΣ, δΣ, 6 αΣ, βλ, γΣ, δλ

ΘΕΜΑ 2ο

1. Οι δύο κανόνες είναι ο δεύτερος κανόνας του Kirchhoff και ο κανόνας του Lenz.

Ο δεύτερος κανόνας του Kirchhoff διατυπώνεται ως εξής:

Κατά μήκος ενός κλειστού κυκλώματος που διαρρέεται από ρεύμα, το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού είναι μηδέν.

Ο κανόνας του Lenz διατυπώνεται ως εξής:

Το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε να αντιστέκεται στην αιτία που το προκαλεί.

2. Στην έκφραση του συντελεστή ισχύος ενός κυκλώματος, η διαφορά φάσης θ μεταξύ της τάσης V που εφαρμόζεται στα άκρα του κυκλώματος και της έντασης του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα λαμβάνεται χωρίς το πρόσημό της. Επομένως, από τη σχέση $\cos\theta = \frac{1}{2}$ συμπεραίνουμε ότι μπορεί να είναι $\theta = \frac{\pi}{3}$ ή $\theta = -\frac{\pi}{3}$. Όταν είναι $\theta = \frac{\pi}{3}$, η τάση V προηγείται της έντασης του ρεύματος I και η συμπεριφορά του κυκλώματος είναι επαγωγική. Όταν $\theta = -\frac{\pi}{3}$, η ένταση του ρεύματος I προηγείται της τάσης V και η συμπεριφορά του κυκλώματος είναι χωρητική.

Άρα, σωστές είναι οι προτάσεις α) και β).

3. Προφανώς, υπάρχει αρχική φάση, έστω φ_0 . Η εξίσωση της απομάκρυνσης του σώματος είναι:

$$x = x_0 \eta \mu(\omega t + \varphi_0) \quad (1)$$

Για $t = 0$ και $x = 0$ η εξίσωση (1) γράφεται:

$$0 = x_0 \eta \mu \varphi_0 \quad \text{ή} \quad \eta \mu \varphi_0 = 0 \quad \text{ή} \quad \begin{cases} \varphi_0 = 0 \\ \varphi_0 = \pi \end{cases}$$

Η εξίσωση της ταχύτητας του σώματος τη χρονική στιγμή $t = 0$ είναι:

$$v = v_0 \sigma \upsilon \nu (\omega t + \varphi_0) \quad \text{ή, για } t = 0, \quad v = v_0 \sigma \upsilon \nu \varphi_0$$

Για $\varphi_0 = 0$ είναι $v = v_0 > 0$. Για $\varphi_0 = \pi$ είναι $v = -v_0 < 0$. Άρα, δεκτή είναι η τιμή $\varphi_0 = \pi$.

Οι ζητούμενες εξισώσεις είναι:

$$x = x_0 \eta \mu (\omega t + \pi)$$

$$v = \omega x_0 \sigma \upsilon \nu (\omega t + \pi)$$

$$a = -\omega^2 x_0 \eta \mu (\omega t + \pi)$$

ΘΕΜΑ 3ο

A. Από την εξίσωση της τάσης έχουμε:

$$V_0 = 400\sqrt{2} \text{ V} \quad \text{και} \quad \omega = 200 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Από την εξίσωση της έντασης του ρεύματος έχουμε:

$$I_0 = 2 \text{ A}$$

Έστω Z η εμπέδηση του κυκλώματος και θ η διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης στα άκρα του κυκλώματος και της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

Από το νόμο του Ohm έχουμε:

$$Z = \frac{V_0}{I_0} \quad \text{ή} \quad Z = \frac{400\sqrt{2} \text{ V}}{2 \text{ A}} \quad \text{ή} \quad Z = 200\sqrt{2} \Omega$$

Η διαφορά φάσης θ είναι:

$$\theta = \theta_v - \theta_i \quad \text{ή} \quad \theta = 200t - (200t + \frac{\pi}{4}) \quad \text{ή} \quad \theta = -\frac{\pi}{4}$$

Β. Έστω Z_C η εμπέδηση του πυκνωτή. Ισχύει:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{-Z_C}{R} \quad \text{ή} \quad \varepsilon\varphi\left(-\frac{\pi}{4}\right) = -\frac{Z_C}{R} \quad \text{ή} \quad -1 = -\frac{Z_C}{R} \quad \text{ή} \\ \text{ή} \quad Z_C = R \quad (1)$$

Ισχύει, επίσης:

$$Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2} \quad \text{ή, λόγω της (1),} \quad Z = \sqrt{R^2 + R^2} \quad \text{ή} \quad Z = R\sqrt{2} \quad \text{ή} \\ \text{ή} \quad R = \frac{Z}{\sqrt{2}} \quad \text{ή} \quad R = \frac{200\sqrt{2}\Omega}{\sqrt{2}} \quad \text{ή} \quad \mathbf{R = 200\Omega}$$

Από την (1) έχουμε:

$$Z_C = R \quad \text{ή} \quad \frac{1}{\omega C} = R \quad \text{ή} \quad C = \frac{1}{\omega R} \quad \text{ή} \\ \text{ή} \quad C = \frac{1}{2 \cdot 10^2 \frac{1}{s} \cdot 2 \cdot 10^2 \Omega} \quad \text{ή} \quad C = \frac{1}{4 \cdot 10^4} F \quad \text{ή} \quad \mathbf{C = 25\mu F}$$

Γ.

Γ1. Έστω L ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου που πρέπει να συνδεθεί, ώστε ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος να γίνει ίσος με τη μονάδα, δηλαδή το κύκλωμα να βρεθεί σε κατάσταση συντονισμού. Από τη συνθήκη συντονισμού έχουμε:

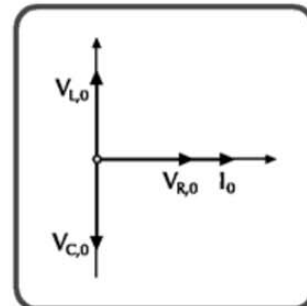
$$L\omega = \frac{1}{\omega C} \quad \text{ή} \quad L = \frac{1}{\omega^2 C} \quad \text{ή} \quad L = \frac{1}{\left(2 \cdot 10^2 \frac{1}{s}\right)^2 \cdot 25 \cdot 10^{-6} F} \quad \text{ή} \\ \text{ή} \quad L = \frac{1}{4 \cdot 10^4 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} \quad \text{ή} \quad \mathbf{L = 1H}$$

Γ2. Σύμφωνα με τη θεωρία, κατά το συντονισμό ισχύει:

$$V_{L,0} = V_{C,0}$$

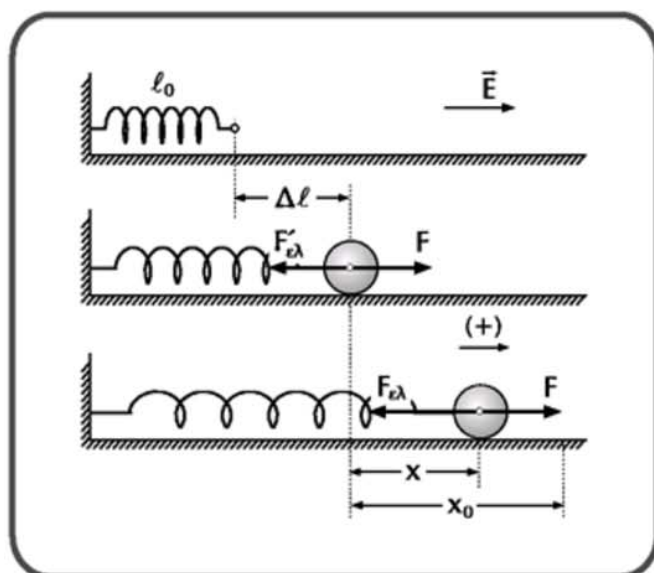
Επειδή η τάση στο πηνίο προηγείται της τάσης στον πυκνωτή κατά π rad, κατά το συντονισμό η συνισταμένη των διανυσμάτων $\vec{V}_{L,0}$ και $\vec{V}_{C,0}$ θα είναι μηδέν. Άρα:

$$V_{LC,0} = 0 \quad \text{ή} \quad \mathbf{V_{LC,ev} = 0}$$



ΘΕΜΑ 4ο

α.



Η σφαίρα αρχικά ισορροπεί με την επίδραση της δύναμης του ελατηρίου $F'_{ελ} = K\Delta\ell$ και της δύναμης από το ηλεκτρικό πεδίο $F = Eq$. Ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \quad \text{ή} \quad K\Delta\ell = Eq \quad (1)$$

Θεωρούμε τη φορά προς την οποία έγινε η εκτροπή της σφαίρας ως θετική. Όταν η σφαίρα βρίσκεται σε μια τυχαία απομάκρυνση x , η δύναμη που δέχεται στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου είναι:

$$\Sigma F = -F_{ελ} + F \quad \text{ή} \quad \Sigma F = -K(\Delta\ell + x) + Eq \quad \text{ή}$$

$$\text{ή} \quad \Sigma F = -K\Delta\ell - Kx + Eq \quad \text{ή, λόγω της (1),} \quad \Sigma F = -Kx$$

Επειδή $K = \text{σταθερό}$, η τελευταία σχέση δηλώνει ότι η δύναμη επαναφοράς ΣF που ασκείται στη σφαίρα είναι ανάλογη προς την απομάκρυνση x και έχει φορά τέτοια, ώστε να τείνει να φέρει το σώμα σε θέση ισορροπίας. Επομένως, η σφαίρα θα εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση με $D = K$.

β. Η περίοδος της ταλάντωσης της σφαίρας είναι:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} \quad \text{ή, για } D = K, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad \text{ή} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{10^{-1} \text{ Kg}}{10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} \quad \text{ή}$$

$$\text{ή} \quad T = 2\pi\sqrt{10^{-4} \text{ s}} \quad \text{ή} \quad T = 2\pi 10^{-2} \text{ s} \quad \text{ή} \quad T = \frac{\pi}{50} \text{ s}$$

γ. Για μια τυχαία απομάκρυνση x ($x > 0$) της σφαίρας ισχύει:

$$\Sigma F = -Kx \quad \text{ή} \quad -F_{ελ} + Eq = -Kx_0 \eta \mu \omega t \quad \text{ή} \quad F_{ελ} = Eq + Kx_0 \eta \mu \omega t \quad \text{ή}$$

$$\text{ή} \quad F_{ελ} = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 10^{-3} \text{ C} + 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,1 \text{ m} \cdot \eta \mu 100t \quad \text{ή}$$

$$\text{ή} \quad F_{ελ} = 200 + 100 \eta \mu 100t \quad (\text{S.I.})$$

δ. Έστω x'_0 το νέο πλάτος της ταλάντωσης της σφαίρας. Η ενέργεια του συστήματος τη στιγμή που καταργείται το ηλεκτρικό πεδίο είναι:

$$E_{ολ} = \frac{1}{2} m v_0^2 + \frac{1}{2} K \Delta \ell^2 \quad (1)$$

Επειδή είναι $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} K x_0^2$, η σχέση (1) γράφεται:

$$E_{ολ} = \frac{1}{2} K x_0^2 + \frac{1}{2} K \Delta \ell^2 \quad (2)$$

Η ενέργεια του συστήματος, όταν το σώμα φθάνει στη μέγιστη θετική απομάκρυνσή του x'_0 , είναι:

$$E_{ολ} = \frac{1}{2} K x_0'^2 \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (2) και (3) παίρνουμε:

$$\frac{1}{2} K x_0'^2 = \frac{1}{2} K x_0^2 + \frac{1}{2} K \Delta \ell^2 \quad \text{ή} \quad x_0 = \sqrt{x_0^2 + \Delta \ell^2} \quad \text{ή}$$

$$\text{ή} \quad x_0 = \sqrt{(10^{-1} \text{ m})^2 + (2 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2} \quad \text{ή} \quad x_0 = \sqrt{5} \cdot 10^{-1} \text{ m}$$