# ΦΥΣΙΚΗ

## Γ' Γενικού Λυκείου

### Θετικών Σπουδών & Σπουδών Υγείας

Πέμπτη 20 Απριλίου 2023 | Διάρκεια Εξέτασης: 3 ώρες

# ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

## ΘΕΜΑ Α

**Α1.** **α**

**Α2.** **γ**

**Α3.** **β**

**Α4.** **γ**

**Α5.** **α. Λ,** **β. Σ,** **γ. Λ,** **δ. Σ,** **ε. Λ**

## ΘΕΜΑ Β

**Β1.** **Σωστή απάντηση είναι η β.**

Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφουν τα ηλεκτρόνια τα οποία εισέρχονται στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα $\vec{\upsilon}_1$, είναι:

$R_1 = \frac{\alpha}{2}$ ή $\frac{m\upsilon_1}{Be} = \frac{\alpha}{2}$ (1)

Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφουν τα ηλεκτρόνια που εισέρχονται στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα $\vec{\upsilon}_2$, είναι:

$R_2 = \alpha$ ή $\frac{m\upsilon_2}{Be} = \alpha$ (2)

Με διαίρεση κατά μέλη των σχέσεων (1) και (2), έχουμε:

$\frac{1}{2} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$ ή $\upsilon_2 = 2\upsilon_1$

Είναι: $K_1 = \frac{1}{2}m_e\upsilon_1^2$ (3) και $K_2 = \frac{1}{2}m_e\upsilon_2^2$ (4)

Με διαίρεση κατά μέλη των σχέσεων (3) και (4), έχουμε:

$\frac{K_1}{K_2} = \left(\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}\right)^2$ ή $\frac{K_1}{K_2} = \frac{1}{4}$ ή $K_2 = 4K_1$

Από τη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein, έχουμε:

$K_1 = hf_1 - \varphi$ ή $hf_1 = K_1 + \varphi$ (5)

και

$K_2 = hf_2 - \varphi$ ή $4K_1 = 2hf_1 - \varphi$

ή λόγω της σχέσης (5): $4K_1 = 2(K_1 + \varphi) - \varphi$ ή $\varphi = 2K_1$

**Β2. Α. Σωστή απάντηση είναι η α.**

Επειδή το σώμα $\Sigma_2$ ισορροπεί, ισχύει:

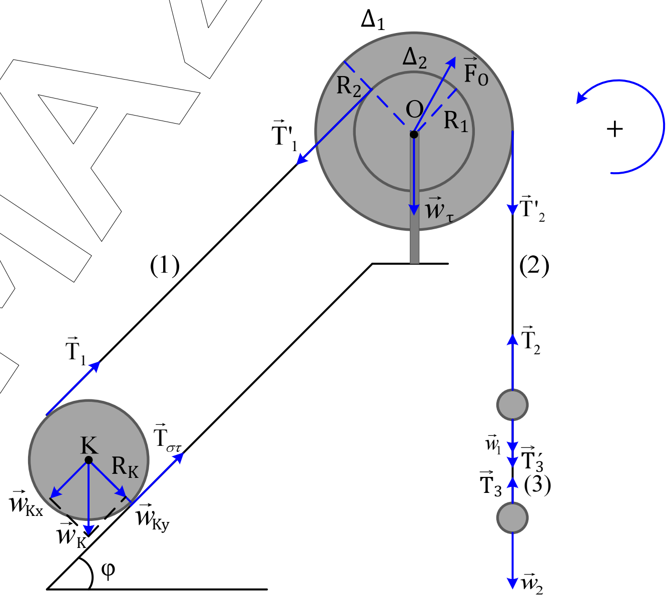
$\Sigma\vec{F} = \vec{0}$ ή $T_3 = w_2$ ή $T_3 = mg$

Επειδή το σώμα $\Sigma_1$ ισορροπεί, ισχύει:

$\Sigma\vec{F} = \vec{0}$ ή $T_2 = w_1 + T_3'$ ή $T_2 = w_1 + T_3$ ή $T_2 = 2mg$

Επειδή η τροχαλία ισορροπεί, ισχύει:

$\Sigma\tau_{(O)} = 0$ ή $\tau_{T_2'} + \tau_{T_1'} + \tau_{w_\tau} + \tau_{F_O} = 0$ ή $-T_2'R_2 + T_1'R_1 + 0 + 0 = 0$ ή $T_2 2R = T_1 R$ ή $T_1 = 2T_2$ ή $T_1 = 4mg$




Επειδή ο κύλινδρος ισορροπεί, ισχύει:

$\Sigma\tau_{(K)} = 0$ ή $\tau_w + \tau_N + \tau_{T_{\sigma\tau}} + \tau_{T_1} = 0$ ή $0 + 0 + T_{\sigma\tau}R_K - T_1R_K = 0$ ή $T_{\sigma\tau} = T_1$ ή $T_{\sigma\tau} = 4mg$

Επειδή ο κύλινδρος ισορροπεί, ισχύει ακόμη:

$\Sigma\vec{F} = \vec{0}$ ή $\Sigma F_x = 0$ (1) και $\Sigma F_y = 0$ (2)

Από τη σχέση (1), έχουμε:

$w_{Kx} = T_1 + T_{\sigma\tau}$ ή $m_K g\eta\mu\varphi = 8mg$ ή $m_K = 16\,m$

Από τη σχέση (2), έχουμε:

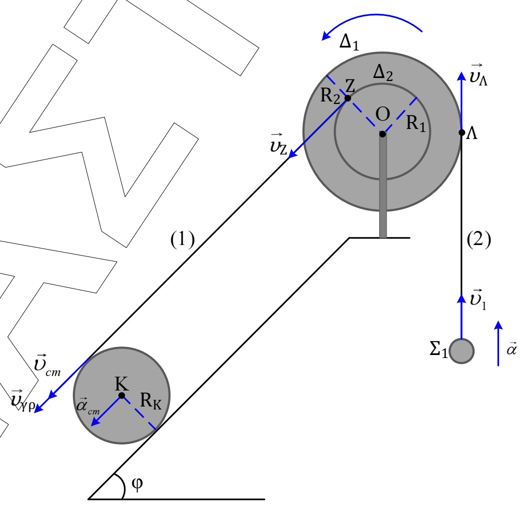
$N = w_{Ky}$ ή $N = m_K g\sigma\upsilon\nu\varphi$ ή $N = 8\sqrt{3}mg$

Για την στατική τριβή, ισχύει:

$T_{\sigma\tau} \leq T_{o\rho}$ ή $T_{\sigma\tau} \leq \mu_s N$ ή $\mu_s \geq \frac{T_{\sigma\tau}}{N}$ ή $\mu_s \geq \frac{\sqrt{3}}{6}$ ή $\mu_{s(min)} = \frac{\sqrt{3}}{6}$

**Β. Σωστή απάντηση είναι η α.**

Έστω ότι τη χρονική στιγμή $t(t \neq 0)$ η ταχύτητα του σώματος $\Sigma_1$ είναι $\vec{\upsilon}_1$, η ταχύτητα του κέντρου μάζας του κυλίνδρου είναι $\vec{\upsilon}_{cm}$ και η γωνιακή ταχύτητα της τροχαλίας είναι $\vec{\omega}$.




Είναι:

$\vec{\upsilon}_1 = \vec{\upsilon}_N$ ή $\upsilon_1 = \omega R_2$ ή $\upsilon_1 = 2\omega R$ (3)

και

$\vec{\upsilon}_{cm} + \vec{\upsilon}_{\gamma\rho} = \vec{\upsilon}_Z$ ή $2\vec{\upsilon}_{cm} = \vec{\upsilon}_Z$ ή $2\upsilon_{cm} = \omega R_1$ ή $2\upsilon_{cm} = \omega R$ (4)

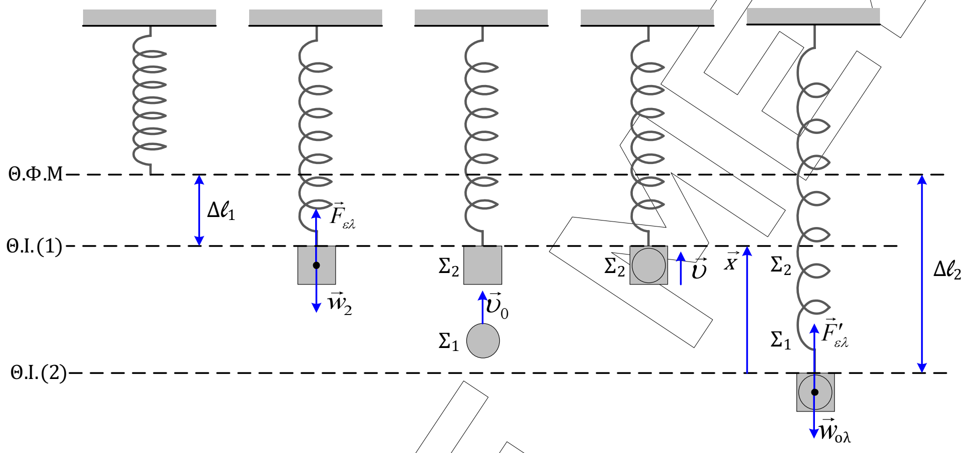
Από τις σχέσεις (3) και (4) προκύπτει:

$\upsilon_1 = 4\upsilon_{cm}$, ή παραγωγίζοντας $\frac{d\upsilon_1}{dt} = 4\frac{d\upsilon_{cm}}{dt}$ ή $\alpha = 4\alpha_{cm}$ ή $\alpha_{cm} = \frac{\alpha}{4}$

**Β3. Σωστή απάντηση είναι η γ.**

Έστω $\vec{\upsilon}$ η ταχύτητα του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση. Είναι:

$$\vec{p}_{ολ(πριν)} = \vec{p}_{ολ(μετά)} \text{ ή } m_1\upsilon_0 = (m_1 + m_2)\upsilon \text{ ή } \upsilon = \frac{\upsilon_0}{2} \text{ ή } \upsilon = \sqrt{\frac{3m}{2k}}g$$




Στη θέση ισορροπίας του σώματος $\Sigma_2$, ισχύει:

$$\Sigma\vec{F} = \vec{0} \text{ ή } F_{ελ} = w_2 \text{ ή } k\Delta\ell_1 = m_2 g \text{ ή } \Delta\ell_1 = \frac{mg}{k}$$

Στη θέση ισορροπίας του συσσωματώματος, ισχύει:

$$\Sigma\vec{F} = \vec{0} \text{ ή } w_{ολ} = F'_{ελ} \text{ ή } (m_1 + m_2)g = k\Delta\ell_2 \text{ ή } \Delta\ell_2 = \frac{2mg}{k}$$

Το μέτρο της απομάκρυνσης του συσσωματώματος από τη θέση ισορροπίας του αμέσως μετά την κρούση είναι:

$$x = \Delta\ell_2 - \Delta\ell_1 \text{ ή } x = \frac{mg}{k}$$

Έστω Α το πλάτος της ταλάντωσης του συσσωματώματος. Από την Α.Δ.Ε. για την ταλάντωση εκτελεί το συσσωμάτωμα, έχουμε:

$$E = K + U \text{ ή } \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\upsilon^2 + \frac{1}{2}kx^2 \text{ ή } A = \sqrt{\frac{m_1+m_2}{k}\upsilon^2 + x^2} \text{ ή } A = \frac{2mg}{k}$$

Η μέγιστη τιμή της δυναμικής ενέργειας που αποθηκεύεται στο ελατήριο κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του, είναι:

$$U_{ελ(max)} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell_2 + A)^2 \text{ ή } U_{ελ(max)} = \frac{1}{2}k\left(\frac{4mg}{k}\right)^2 \text{ ή } U_{ελ(max)} = 8\frac{m^2g^2}{k}$$

## ΘΕΜΑ Γ

**Γ1.** Από το διάγραμμα προκύπτει ότι:

$A = 0{,}2$ m και $\frac{9\lambda}{4} = 0{,}9$ m ή $\lambda = 0{,}4$ m

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα το κύμα θέτει σε ταλάντωση το υλικό σημείο που βρίσκεται στη θέση $x = +0{,}9$ m.

Είναι: $\upsilon_\delta = \frac{x}{t_1}$ ή $\upsilon_\delta = 2$ m/s

Έστω T η περίοδος του κύματος. Είναι: $\upsilon_\delta = \frac{\lambda}{T}$ ή $T = 0{,}2$ s

Η εξίσωση του κύματος (1) είναι:

$y_1 = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ ή $y_1 = 0{,}2A\eta\mu 2\pi(5t - 2{,}5x)$ (S.I.)

**Γ2.** Είναι:

$\upsilon_K = \omega A\sigma\upsilon\nu 2\pi\left(\frac{t_1}{T} - \frac{x_K}{\lambda}\right)$ ή $\upsilon_K = 2\pi\sigma\upsilon\nu\left(2\pi + \frac{\pi}{4}\right)$ m/s ή $\upsilon_K = \sqrt{2}\pi$ m/s

**Γ3.** Οι χρονικές εξισώσεις των φάσεων των ταλαντώσεων των υλικών σημείων Κ και Λ δίνεται από τις σχέσεις:

$\varphi_K = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_K}{\lambda}\right)$ (1) και $\varphi_\Lambda = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_\Lambda}{\lambda}\right)$ (2) αντίστοιχα

Αφού $x_\Lambda > x_K$ είναι κάθε χρονική στιγμή $\varphi_K > \varphi_\Lambda$. Η διαφορά φάσης των ταλαντώσεων δύο υλικών σημείων είναι:

$\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_\Lambda$ ή $\Delta\varphi = 2\pi\frac{x_\Lambda - x_K}{\lambda}$ ή $\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}$ rad

Έστω $y_\Lambda$ η απομάκρυνση του υλικού σημείου Λ τη χρονική στιγμή $t_3$. Από την Α.Δ.Ε. για την ταλάντωση του υλικού σημείου Λ, έχουμε:

$E = K + U$ ή $\frac{1}{2}DA^2 = \frac{1}{2}m\upsilon_\Lambda^2 + \frac{1}{2}Dy_\Lambda^2$ ή $m\omega^2A^2 = m\upsilon_\Lambda^2 + m\omega^2y_\Lambda^2$ ή $y_\Lambda = \pm\sqrt{A^2 - \left(\frac{\upsilon_\Lambda}{\omega}\right)^2}$ ή $y_\Lambda = 0$

Η χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σημείου Λ δίνεται από τη σχέση:

$y_\Lambda = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_\Lambda}{\lambda}\right)$ ή $y_\Lambda = A\eta\mu\varphi_\Lambda$ (3)

Από τη σχέση (3) για $y_\Lambda = 0$, προκύπτει:

$0 = A\eta\mu\varphi_\Lambda$ ή $\varphi_\Lambda = 2\kappa\pi$, με $\kappa = 0, 1, 2, \ldots$ (4)

ή $\varphi_\Lambda = 2\kappa\pi + \pi$, με κ = 0, 1, 2, … (5)

Η ταχύτητα ταλάντωσης του υλικού σημείου Λ τη χρονική στιγμή $t_3$ είναι:

$\upsilon_\Lambda = \omega A \sigma\upsilon\nu 2\pi\left(\frac{t_3}{T} - \frac{x_\Lambda}{\lambda}\right)$ ή $\upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A \sigma\upsilon\nu\varphi_\Lambda$ (6)

Από τη σχέση (6), λόγω της σχέσης (4), προκύπτει:

$\upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A \sigma\upsilon\nu 2\kappa\pi > 0$

Από τη σχέση (6), λόγω της σχέσης (5), προκύπτει:

$\upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A \sigma\upsilon\nu(2\kappa\pi + \pi) < 0$

Επομένως τη χρονική στιγμή $t_2$, είναι: $\varphi_\Lambda = 2\kappa\pi + \pi$

Είναι:

$\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_\Lambda$ ή $\frac{3\pi}{2} = \varphi_K - (2\kappa\pi + \pi)$ ή $\varphi_K = 2\kappa\pi + \frac{5\pi}{2}$

Η απομάκρυνση του υλικού σημείου Κ τη χρονική στιγμή $t_3$ δίνεται από τη σχέση:

$y_K = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t_3}{T} - \frac{x_K}{\lambda}\right)$ ή $y_K = A\eta\mu\varphi_K$ ή $y_K = A\eta\mu\left(2\kappa\pi + \frac{5\pi}{2}\right)$ ή $y_K = +A$ ή $y_K = +0{,}2$ m

**Γ4.** Τη χρονική στιγμή $t_4$, είναι: $U = \frac{1}{3}K$ ή $K = 3U$ και σύμφωνα με το διάγραμμα: $y_O = +0{,}2$ m

Έστω $A_O$ το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Ο. Από την Α.Δ.Ε. για την ταλάντωση του σημείου Ο, έχουμε:

$E = K + U$ ή $E = 4U$ ή $\frac{1}{2}D(A_O')^2 = 4\frac{1}{2}Dy_O^2$ ή $|A_O'| = 2|y_O|$ ή $|A_O'| = 0{,}4$ m ή $2A = 0{,}4$ m

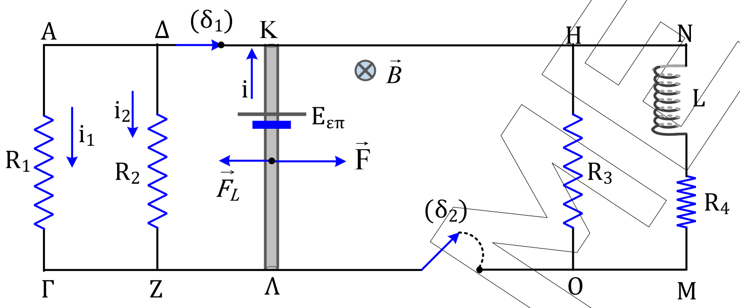
Η εξίσωση του στάσιμου κύματος στη χορδή δίνεται από τη σχέση:

$y = 2A\sigma\upsilon\nu\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\eta\mu(\omega t)$ ή $y = 0{,}4\sigma\upsilon\nu(5\pi x)\eta\mu(10\pi t)$ (S.I.)

## ΘΕΜΑ Δ

**Δ1.** Η χρονική εξίσωση της ταχύτητας του αγωγού δίνεται από τη σχέση:

$\upsilon = \alpha t$ ή $\upsilon = 5t$ (S.I.) (1)




Η ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος των αντιστατών $R_1$ και $R_2$ είναι:

$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ή $R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ ή $R_{1,2} = 6\ \Omega$

Η ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος είναι:

$R_{ολ} = R_{1,2} + R_{ΚΛ}$ ή $R_{ολ} = 10\ \Omega$

Η χρονική εξίσωση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ δίνεται από τη σχέση:

$i = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}}$ ή $i = \frac{B\upsilon\ell}{R_{ολ}}$ ή $i = 0{,}5t$ (S.I.) (2)

Από το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, έχουμε:

$\Sigma F = m\alpha$ ή $F - F_L = m\alpha$ ή $F = Bi\ell + m\alpha$ ή $F = 0{,}5t + 0{,}5$ (S.I.) (3)

Η ταχύτητα του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_1$ υπολογίζεται από τη σχέση (1) για $t = t_1$. Είναι: $\upsilon = 25$ m/s

Το μέτρο της δύναμης $\vec{F}$ που ασκείται στον αγωγό ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_1$ υπολογίζεται από τη σχέση (3) για $t = t_1$. Είναι $F = 3$ N.

Ο ζητούμενος ρυθμός είναι:

$\frac{dW_F}{dt} = \frac{Fdx}{dt}$ ή $\frac{dW_F}{dt} = F\upsilon$ ή $\frac{dW_F}{dt} = 75$ J/s

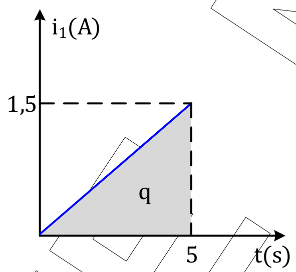
**Δ2.** Η χρονική εξίσωση της τάσης $V_{ΚΛ}$ στα άκρα του αγωγού δίνεται από τη σχέση:

$V_{ΚΛ} = iR_{1,2}$, ή λόγω της σχέσης (2) $V_{ΚΛ} = 3t$

Η χρονική εξίσωσης της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη $R_1$ δίνεται από τη σχέση:

$i_1 = \frac{V_{ΚΛ}}{R_1}$ ή $i_1 = 0{,}3t$ (S.I.)

Στο διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος απεικονίζεται η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη $R_1$ σε συνάρτηση με τον χρόνο από τη χρονική στιγμή $t = 0$ έως τη χρονική στιγμή $t_1$.




Το γραμμοσκιασμένο εμβαδόν του παραπάνω σχήματος ισούται με το ζητούμενο επαγωγικό φορτίο. Είναι:

$q = \frac{1{,}5 \cdot 5}{2}$ C ή $q = 3{,}75$ C

**Δ3.** Τη χρονική στιγμή $t_2$ στην οποία ο αγωγός αποκτά την οριακή του ταχύτητα ισχύει:

$\Sigma F = 0$ ή $F = F_L$ ή $F = BI_{ορ}\ell$ ή $F = B\frac{Bυ_{ορ}\ell}{R_{ολ}}\ell$ ή $υ_{ορ} = \frac{FR_{ολ}}{B^2\ell^2}$ ή $υ_{ορ} = 30$ m/s

Η τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή $t_2$ έως τη χρονική στιγμή $t_3$ είναι:

$V_{ΚΛ} = I_{ορ}R_{1,2}$ ή $V_{ΚΛ} = 180$ V

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη $R_2$ από τη χρονική στιγμή $t_2$ έως τη χρονική στιγμή $t_3$, είναι:

$I_2 = \frac{V_{ΚΛ}}{R_2}$ ή $I_2 = 12$ A

Το ποσό θερμότητας που εκλύεται από τον αντιστάτη $R_2$ από τη χρονική στιγμή $t_2$ έως τη χρονική στιγμή $t_3$, είναι:

$Q_2 = I_2^2 R_2 \Delta t$ ή $Q = 21.600$ J

**Δ4.** Τη χρονική στιγμή $t_3$ αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ($\delta_2$) το πηνίο δεν διαρρέεται από ρεύμα. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_3$, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ($\delta_2$) είναι:

$i_0 = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{K\Lambda}+R_3}$ ή $i_0 = \frac{B\upsilon_{o\rho}\ell}{R_{K\Lambda}+R_3}$ ή $i_0 = 3\ A$

Η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου τη χρονική στιγμή $t_3$ αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ($\delta_3$) είναι:

$|E_{\alpha\upsilon\tau}| = V_{R_3}$ ή $|E_{\alpha\upsilon\tau}| = i_0 R_3$ ή $|E_{\alpha\upsilon\tau}| = 18\ V$

Είναι:

$|E_{\alpha\upsilon\tau}| = L\left|\frac{di}{dt}\right|$ ή $\left|\frac{di}{dt}\right| = \frac{|E_{\alpha\upsilon\tau}|}{L}$ ή $\left|\frac{di}{dt}\right| = 90\ A/s$ ή $\frac{di}{dt} = +90\ A/s$

**Δ5.** Η ισοδύναμη αντίσταση των αντιστατών $R_3$ και $R_4$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$\frac{1}{R_{3,4}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$ ή $R_{3,4} = 2\ \Omega$

Τη χρονική στιγμή $t_4$ στην οποία σταθεροποιούνται τα ρεύματα ο αγωγός ΚΛ διαρρέεται από ρεύμα:

$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{K\Lambda}+R_{3,4}}$ ή $I = \frac{B\upsilon_{o\rho}\ell}{R_{K\Lambda}+R_{3,4}}$ ή $I = 5\ A$

Η τάση $V_{K\Lambda}$ στα άκρα του αγωγού ΚΛ είναι:

$V_{K\Lambda} = IR_{3,4}$ ή $V_{K\Lambda} = 10\ V$

Έστω $I_\pi$ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή στην οποία σταθεροποιούνται τα ρεύματα. Είναι:

$I_\pi = \frac{V_{K\Lambda}}{R_4}$ ή $I_\pi = \frac{10}{3}\ A$

Τη χρονική στιγμή $t_4$ αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ($\delta_2$) το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_\pi$ το οποίο αρχίζει να μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί. Έστω $i_\pi$ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή $t_5$. Είναι:

$\Phi = B_\pi A$ ή $\Phi = \frac{\mu_0 i_\pi N}{\ell_\pi} A$ (4)

Επίσης, είναι: $L = \frac{\mu_0 N^2}{\ell_\pi} A$ (5)

Με διαίρεση κατά μέλη των σχέσεων (4) και (5), έχουμε:

$\frac{\Phi}{L} = \frac{i_\pi}{N}$ ή $i_\pi = \frac{N\Phi}{L}$ ή $i_\pi = \frac{8}{3} A$

Η συνολική θερμότητα Joule που εκλύεται από το κύκλωμα από τη χρονική στιγμή $t_4$ έως τη χρονική στιγμή $t_5$ είναι:

$Q_{R_{ολ}} = U_{t_4} - U_{t_5}$ ή $Q_{R_{ολ}} = \frac{1}{2}LI_{\pi}^2 - \frac{1}{2}Li_{\pi}^2$ ή $Q_{R_{ολ}} = 1{,}2\ \mathrm{J}$