Λύσεις διαγωνίσματος Φυσικής Γ' λυκείου 22/2/2025

ΘΕΜΑ Α

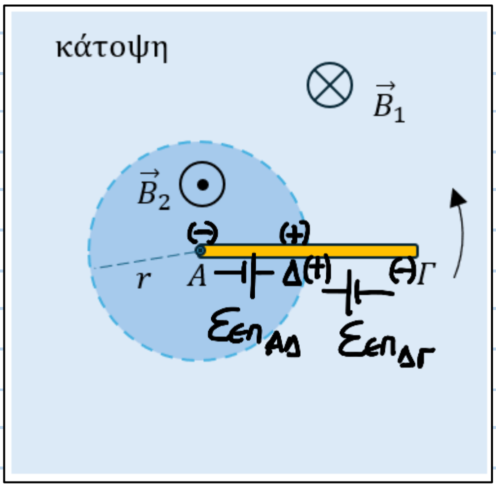
Α1-α Α2-α Α3-γ Α4-δ Α5 ΣΛΛΣΛ

ΘΕΜΑ Β

Β1 - α

Ισχύει $\mathcal{E}_{επ_{ΑΔ}} = \frac{1}{2} B_2 \omega r^2 = \frac{1}{2} 2 B_1 \omega \frac{\ell^2}{4}$

$\mathcal{E}_{επ_{ΑΔ}} = \frac{1}{4} B_1 \omega \ell^2$



Για το τμήμα ΔΓ του αγωγού ισχύει:

σε 2π rad αντιστοιχεί εμβαδόν $\pi\ell^2 - \pi r^2$

σε Δθ " " ΔΑ

$$\Delta A \cdot 2\pi = \Delta\theta\, \pi(\ell^2 - r^2) \Rightarrow \Delta A = \frac{1}{2}\Delta\theta\left(\ell^2 - \frac{\ell^2}{4}\right) = \frac{3}{8}\Delta\theta \cdot \ell^2$$

$$\mathcal{E}_{επ_{ΔΓ}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(B_1 A)}{\Delta t} = B_1 \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{3}{8} B_1 \frac{\Delta\theta}{\Delta t}\ell^2 = \frac{3}{8} B_1 \omega \ell^2$$

$$V_{ΑΓ} = -\mathcal{E}_{επ_{ΑΔ}} + \mathcal{E}_{επ_{ΔΓ}} = -\frac{1}{4} B_1 \omega \ell^2 + \frac{3}{8} B_1 \omega \ell^2 \Rightarrow \boxed{V_{ΑΓ} = +\frac{1}{8} B_1 \omega \ell^2}$$

(α)

Β2 Ι) Εξισώσεις τρεχόντων κυμάτων

$$y_1 = A\,ημ\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \Rightarrow y_1 = A\,ημ\Phi_1$$

$$y_2 = A\,ημ\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \Rightarrow y_2 = A\,ημ\Phi_2$$

Αρχή επαλληλίας: $y = y_1 + y_2 = A\,ημ\Phi_1 + A\,ημ\Phi_2 = A(ημ\Phi_1 + ημ\Phi_2)$

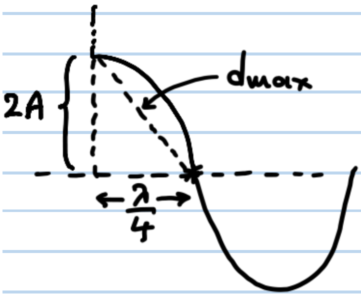
$$\Rightarrow y = 2A\,συν\frac{\Phi_1 - \Phi_2}{2} \cdot ημ\frac{\Phi_1 + \Phi_2}{2}$$

$$\Rightarrow y = 2A\,συν\frac{\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x}{\lambda}}{2} \cdot ημ\frac{\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x}{\lambda}}{2}$$

$$\Rightarrow y = 2A\,συν\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}\right) ημ\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

$$\Rightarrow y = 2A\,συν\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) ημ\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$ εξίσωση στάσιμου κύματος

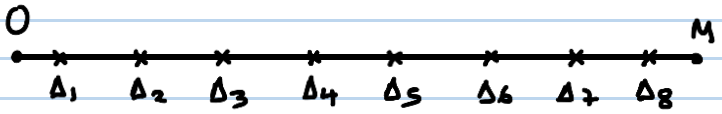
$\boxed{\text{II}-\beta}$ Όταν η αρχή Ο έχει μέγιστο μέτρο επιτάχυνσης βρίσκεται σε ακραίες θέσεις ταλάντωσης, άρα $y_0 = \pm 2A$



Ισχύει $d_{max}^2 = (2A)^2 + \left(\frac{\lambda}{4}\right)^2$

$68A^2 = 4A^2 + \left(\frac{\lambda}{4}\right)^2$

$64A^2 = \left(\frac{\lambda}{4}\right)^2 \Rightarrow \frac{\lambda}{4} = 8A \Rightarrow \lambda = 32A$



Τα σημείο Ο, Μ είναι κοιλίες. Ανάμεσα υπάρχουν 8 δεσμοί

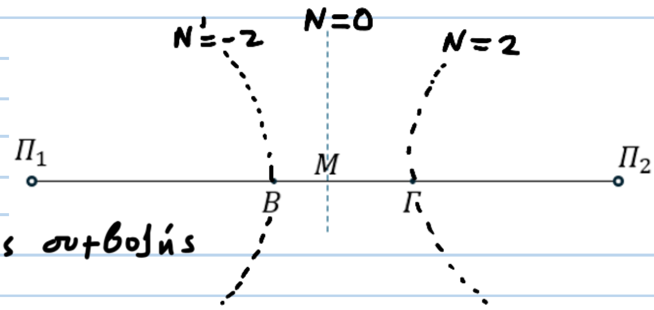
Άρα $OM = \ell = \frac{\lambda}{4} + 7\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$ όπου $\lambda/2$ η οριζόντια απόσταση δύο διαδοχικών δεσμών και $\lambda/4$ η οριζόντια απόσταση δεσμού από τη γειτονική κοιλία.

$\ell = 8\frac{\lambda}{2} = 4\lambda$

$\ell = 4 \cdot 32A$

$\boxed{\ell = 128A}$ (β)

$\boxed{\text{B3} \mid \text{I}-\gamma, \text{II}-\beta}$



I) Το σημείο Β είναι ακίνητο και ανήκει στην υπερβολή αποσβεστικής συμβολής $N' = -2$ αφού μεταξύ Β και Μ υπάρχει μόνο ένα σημείο ενισχυτικής συμβολής το οποίο ανήκει στην υπερβολή $N = -1$. Οπότε $\Pi_1 B - \Pi_2 B = (2N'+1)\frac{\lambda}{2}$

για $N' = -2$ $\quad \Pi_1 B - \Pi_2 B = -3\frac{\lambda}{2}$ (1)

Το σημείο Γ είναι σημείο ενισχυτικής συμβολής το οποίο ανήκει στην υπερβολή $N = 2$ αφού μεταξύ του Γ και του Μ υπάρχει ακόμα ένα σημείο μέγιστου πλάτους που ανήκει στην υπερβολή $N = 1$. Οπότε $\Pi_1\Gamma - \Pi_2\Gamma = N\lambda$ για $N = 2$ $\quad \Pi_1\Gamma - \Pi_2\Gamma = 2\lambda$ (2)

Αφαιρώντας κατά μέλη ② − ① έχουμε:

$$\Pi_1\Gamma - \Pi_2\Gamma - \Pi_1 B + \Pi_2 B = 2\lambda - \left(-\frac{3}{2}\lambda\right)$$

$$(\Pi_1\Gamma - \Pi_1 B) + (\Pi_2 B - \Pi_2\Gamma) = \frac{7\lambda}{2}$$

$$B\Gamma + B\Gamma = \frac{3\lambda}{2} \Rightarrow 2B\Gamma = \frac{7\lambda}{2} \Rightarrow \boxed{B\Gamma = \frac{7\lambda}{4} = 1{,}75\lambda}$$ (γ)

II) $\Pi_1 B = r_{1B}$, $\Pi_2 B = r_{2B}$ $\qquad$ $\Pi_1\Gamma = r_{1\Gamma}$, $\Pi_2\Gamma = r_{2\Gamma}$

Ισχύει $r_{1B} - r_{2B} = -\frac{3\lambda}{2}$ $\qquad$ Ισχύει $r_{1\Gamma} - r_{2\Gamma} = 2\lambda$

και $r_{1B} + r_{2B} = d$ $\qquad$ και $r_{1\Gamma} + r_{2\Gamma} = d$

Αφαιρώντας κατά μέλη $\qquad$ Προσθέτοντας κατά μέλη

$r_{1B} + r_{2B} - r_{1B} + r_{2B} = d + \frac{3\lambda}{2}$ $\qquad$ $r_{1\Gamma} - r_{2\Gamma} + r_{1\Gamma} + r_{2\Gamma} = d + 2\lambda$

$2r_{2B} = d + \frac{3\lambda}{2}$ $\qquad$ $2r_{1\Gamma} = d + 2\lambda$

$\boxed{r_{2B} = \frac{d}{2} + \frac{3\lambda}{4}}$ $\qquad$ $\boxed{r_{1\Gamma} = \frac{d}{2} + \lambda}$

Η συμβολή στο σημείο Β ξεκινά όταν φτάνει και το δεύτερο κύμα από την πιο μακρινή πηγή Π_2 τη χρονική στιγμή: $r_{2B} = \upsilon t_{2B} \Rightarrow t_{2B} = \frac{r_{2B}}{\upsilon} = t_{\text{συμβολής}(B)}$

Αντίστοιχα στο σημείο Γ η συμβολή ξεκινά όταν φτάνει και το δεύτερο κύμα από την πιο μακρινή πηγή Π_1 τη χρονική στιγμή: $r_{1\Gamma} = \upsilon t_{1\Gamma} \Rightarrow t_{1\Gamma} = \frac{r_{1\Gamma}}{\upsilon} = t_{\text{συμβολής}(\Gamma)}$

Επειδή $r_{1B} < r_{1\Gamma} \rightarrow t_{1B} < t_{1\Gamma}$ άρα όταν ξεκινά η συμβολή στο σημείο Β δεν έχει ξεκινήσει η συμβολή στο σημείο Γ, το οποίο ταλαντώνεται λόγω του κύματος που έχει φτάσει από την πιο κοντινή πηγή Π_2. Άρα το πλάτος της ταλάντωσης είναι $\boxed{A_\Gamma = A}$ (β)

ΘΕΜΑ Γ

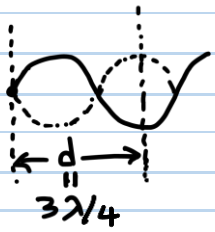
Γ1 Για το σημείο ισχύει ότι $S = 4A' \Rightarrow 40cm = 4A' \Rightarrow A' = 10cm$

Όμως $A' = \frac{1}{4} 2A \Rightarrow 10cm = \frac{A}{2} \Rightarrow A = 20cm = 0,2m$

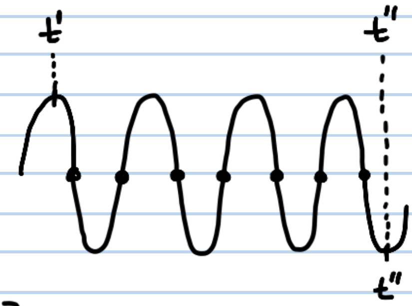
Για την οριζόντια απόσταση ενός δεσμού από τη μεθεπόμενη κοιλία ισχύει ότι:

$$d = \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} \Rightarrow d = \frac{3\lambda}{4} \Rightarrow 60cm = \frac{3\lambda}{4}$$

$$\Rightarrow \lambda = 80cm = 0,8m$$



Στο χρονικό διάστημα $\Delta t = t'' - t' = 1,4\ sec$ η κοιλία στο άκρο Ο έχει μέγιστη κινητική ενέργεια 7 φορές άρα έχει περάσει από τη θέση ισορροπίας ταλάντωσης 7 φορές.



Άρα ταλαντώνεται για: $\Delta t = 7\frac{T}{2} \Rightarrow 1,4 = \frac{7}{2}T \Rightarrow T = 0,4\ sec$

$$f = \frac{1}{T} = 2,5\ Hz$$

Οπότε για την εξίσωση του στάσιμου κύματος έχουμε:

$$y = 2A\,\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda}\cdot\eta\mu\frac{2\pi t}{T}$$

$$y = 2\cdot 0,2\,\sigma\upsilon\nu\left(\frac{2\pi x}{0,8}\right)\eta\mu\left(\frac{2\pi t}{0,4}\right) \Rightarrow \boxed{y = 0,4\,\sigma\upsilon\nu(2,5\pi x)\cdot\eta\mu(5\pi t)\ SI}$$

Γ2 Για το μήκος της χορδής $\ell = ΟΓ$ ισχύει ότι: $\ell = \mu\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$

Υπάρχουν 5 δεσμοί συνολικά άρα $\mu = 4$.

οπότε $\ell = 4\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \ell = \frac{9\lambda}{4} = \frac{9}{4}80cm \Rightarrow \boxed{\ell = 180cm = 1,8m}$

Γ3 Τη χρονική στιγμή $t_1 = 0,3\ sec$ έχουμε:

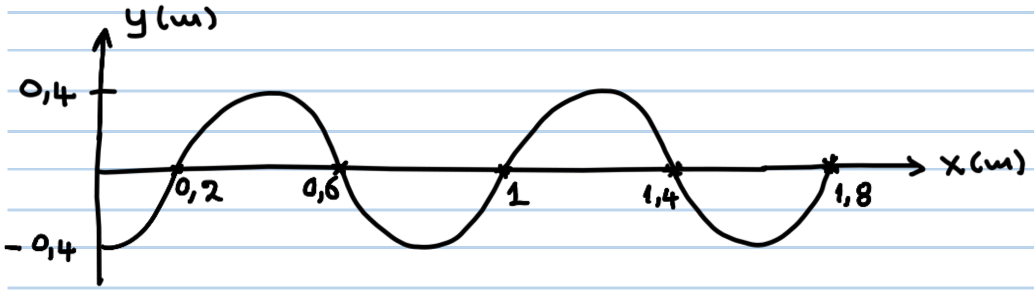
$$y = 0,4\,\sigma\upsilon\nu(2,5\pi x)\,\eta\mu(5\pi\cdot 0,3) = 0,4\,\sigma\upsilon\nu(2,5\pi x)\cdot\overset{-1}{\eta\mu\frac{3\pi}{2}}$$

$$y = -0,4\,\sigma\upsilon\nu(2,5\pi x)\ SI$$

Η κοιλία Ο στην αρχή $(x=0)$ έχει τότε $y_0 = -0,4\,\overset{+1}{\sigma\upsilon\nu 0} \Rightarrow y_0 = -0,4m$

Άρα βρίσκεται στην κάτω ακραία θέση ταλάντωσης.

Οπότε όλα τα σημεία θα βρίσκονται αντίστοιχα στις ακραίες θέσεις ταλάντωσης. Γνωρίζοντας ότι οι διαδοχικές κοιλίες έχουν διαφορά φάσης π rad (έχουν αντίθετη φορά κίνησης) το στιγμιότυπο του στάσιμου είναι:



Γ4 Η θέση του σημείου Σ είναι:

$$x_Σ = 180cm - 70cm \Rightarrow x_Σ = 110cm = 1{,}1m$$

(Βρίσκεται μεταξύ 3ου και 4ου δεσμού $1m < x_Σ < 1{,}4m$)

Για την ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων του στάσιμου ισχύει:

$$v = \frac{dy}{dt} = ω\,2A\,συν\frac{2πx}{λ}\,συν\frac{2πt}{T} = 2π\,συν(2{,}5πx)\cdot συν(5πt) \quad SI$$

Για το Σ στη θέση $x_Σ = 1{,}1m$ έχουμε:

$$v_Σ = 2π\,συν(2{,}5π\cdot 1{,}1)\,συν(5πt) = 2π\,συν(2{,}75π)\,συν(5πt)$$

$$v_Σ = 2π\,συν\left(2π+\frac{3π}{4}\right)συν(5πt) = 2π\,συν\frac{3π}{4}\,συν(5πt) = 2π\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)συν(5πt)$$

$$\boxed{v_Σ = -π\sqrt{2}\,συν5πt \ SI \quad ή \quad v_Σ = π\sqrt{2}\,συν(5πt+π)\ SI}$$

Για τη διαφορά φάσης των σημείο Ο και Σ έχουμε:

$$x=0 \quad y_O = 0{,}4\,συν0\cdot ημ(5πt) \Rightarrow \boxed{y_O = 0{,}4\,ημ(5πt)\ SI},\ φ_O = 5πt$$

$$x_Σ=1{,}1m \quad y_Σ = 0{,}4\,συν(2{,}5π\cdot 1{,}1)\cdot ημ(5πt) = 0{,}4\,συν\left(2π+\frac{3π}{4}\right)ημ(5πt)$$

$$y_Σ = 0{,}4\,συν\frac{3π}{4}\,ημ(5πt) = 0{,}4\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)ημ(5πt)$$

$$\boxed{y_Σ = -0{,}2\sqrt{2}\,ημ(5πt)} \Rightarrow y_Σ = 0{,}2\sqrt{2}\,ημ(5πt+π)\ SI$$

άρα $φ_Σ = 5πt+π$

Οπότε $Δφ = φ_Σ - φ_O = 5πt+π-5πt \Rightarrow \boxed{Δφ = π\ rad}$

Γ5 Τη χρονική στιγμή t για την οποία Ο στην αρχή ισχύει:

$$y_0 = 0{,}3\,m \Rightarrow 0{,}4\,\eta\mu(5\pi t) = 0{,}3 \Rightarrow \eta\mu(5\pi t) = \frac{3}{4}$$

Την ίδια χρονική στιγμή t για το σημείο Σ ισχύει

$$y_\Sigma = -0{,}2\sqrt{2}\,\eta\mu(5\pi t) = -0{,}2\sqrt{2}\,\frac{3}{4}\,m \Rightarrow \boxed{y_\Sigma = -0{,}15\sqrt{2}\,m}$$

Γ6 Στην περίπτωση που τα άκρα της χορδής είναι ακλόνητα για το μήκος ℓ της χορδής ισχύει $\ell = \mu\frac{\lambda'}{2}$

όπου $\upsilon = \lambda' f' \Rightarrow \lambda' = \frac{\upsilon}{f'}$

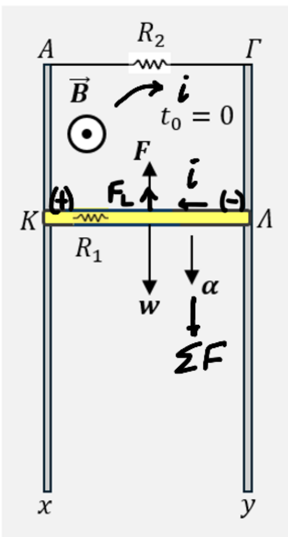
$$\ell = \mu\frac{\upsilon}{2f'} \Rightarrow f' = \mu\frac{\upsilon}{2\ell} \qquad \text{όπου } \upsilon = \lambda f = 0{,}8\cdot 2{,}5\,m/s = 2\,m/s$$

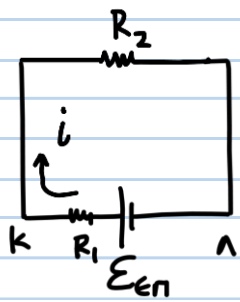
$$\Rightarrow f' = \mu\frac{2}{2\cdot 1{,}8} \Rightarrow f' = \frac{\mu}{1{,}8}$$

Για $f' > f \Rightarrow f' > 2{,}5\,Hz \Rightarrow \frac{\mu}{1{,}8} > \frac{5}{2} \Rightarrow \mu > 4{,}5$

Άρα για $\mu = 5 \rightarrow f' = \frac{5}{1{,}8}\,Hz = \frac{50}{18}\,Hz \Rightarrow \boxed{f' = \frac{25}{9}\,Hz}$

ΘΕΜΑ Δ





Δ1 Ο αγωγός κινούμενος εντός του ΟΜΠ εκτελώντας αρχικά ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, εμφανίζει στα άκρα του ΗΕΔ από επαγωγή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = B\upsilon\ell$

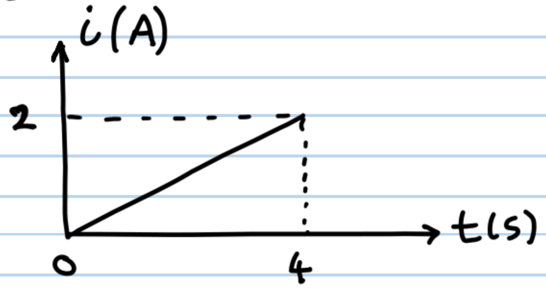
όπου $\upsilon = \alpha t$ $(\upsilon_0 = 0)$

Ισχύει $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = B\alpha\ell\cdot t \Rightarrow \mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = 1\cdot 2\cdot 1 t \Rightarrow \underline{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = 2t\ SI}$

Η διάταξη διαρρέεται από επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $i = \frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}}$ όπου $R_{o\lambda} = R_1 + R_2 = 4\,\Omega$

$$i = \frac{2t}{4} \Rightarrow \boxed{i = 0{,}5t,\ SI}$$

Για τη γραφική παράσταση στο χρονικό διάστημα $0 \le t \le 4sec$ έχουμε:



Το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού είναι αριθμητικά ίσο με το εμβαδόν του διαγράμματος

Ισχύει: $\Delta q = \underset{0 \to 4sec}{\text{Εμβαδον}} = \frac{1}{2} 2 \cdot 4 C \Rightarrow \boxed{\Delta q = 4C}$

Δ2 Ο αγωγός επειδή διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και βρίσκεται εντός ΟΜΠ δέχεται δύναμη Laplace με φορά προς τα πάνω.

Ισχύει: $F_L = Bil = 1 \cdot 0{,}5t \cdot 1 \Rightarrow \underline{F_L = 0{,}5 \cdot t \ \ SI}$

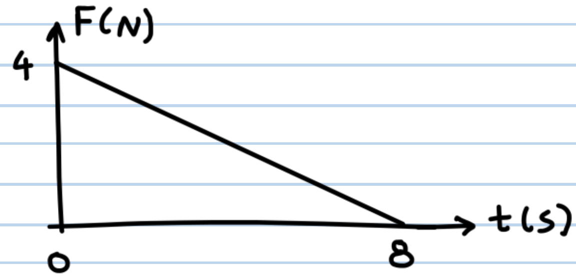
Για τη δύναμη $\vec{F}$ από τον 2ο Νόμο Newton έχουμε:

$\Sigma F = m\alpha \Rightarrow mg - F_L - F = m\alpha \Rightarrow 5 - 0{,}5t - F = 0{,}5 \cdot 2$

$\Rightarrow \boxed{F = 4 - 0{,}5t \ \ SI}$

Όταν $F = 0 \Rightarrow 4 = 0{,}5t \Rightarrow t = 8sec$

Για τη γραφική παράσταση της F στο χρονικό διάστημα $0 \le t \le 8sec$ έχουμε:



Δ3 Τη χρονική στιγμή $t = 4sec$ έχουμε:

$\upsilon = \alpha t = 2 \cdot 4 \, m/s \Rightarrow \underline{\upsilon = 8 \, m/s}$, $i = 0{,}5 \cdot t = 0{,}5 \cdot 4 A \Rightarrow \underline{i = 2A}$

και $F = 4 - 0{,}5t = (4 - 0{,}5 \cdot 4)N \Rightarrow \underline{F = 2N}$

α) Για την ισχύ της $\vec{F}$ έχουμε:

$$P_F = \frac{dW_F}{dt} = \frac{-F\cdot dy}{dt} = -F\cdot υ = -2\cdot 8W \Rightarrow \boxed{P_F = -16W}$$

β) Ο ρυθμός που παράγεται θερμότητα στην αντίσταση του αγωγού είναι:

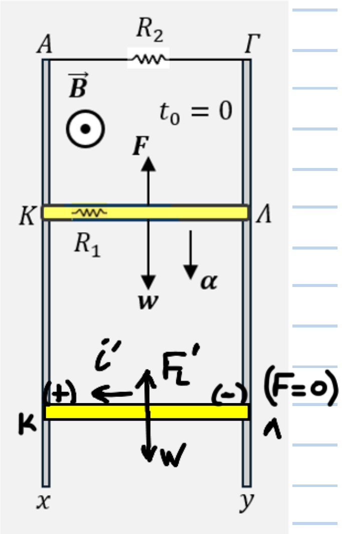
$$\frac{dQ_{R_1}}{dt} = P_{R_1} = i^2 R_1 = 2^2\cdot 1\, J/s \Rightarrow \boxed{\frac{dQ_{R_1}}{dt} = 4\, J/s}$$

Δ4) Τη στιγμή που καταργείται η δύναμη $\vec{F}$ $(t=8\,sec)$ το μέτρο της δύναμης Laplace είναι:

$$F_L = 0,5\cdot t = 0,5\cdot 8\, N \Rightarrow F_L = 4N < W = mg = 5N$$

Επειδή $W > F_L$ η συνισταμένη δύναμη που δέχεται ο αγωγός έχει φορά προς τα κάτω, είναι ομόρροπη της ταχύτητας, οπότε ο αγωγός επιταχύνεται.

Άρα η ταχύτητα του αγωγού αυξάνεται η ΗΕΔ $E_{επ}$ αυξάνεται, το επαγωγικό ρεύμα αυξάνεται οπότε αυξάνεται και το μέτρο της δύναμης Laplace. Η συνισταμένη δύναμη που δέχεται ο αγωγός $ΣF = W - F_L'$ μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί οπότε αποκτά οριακή ταχύτητα.



Από τη στιγμή που καταργείται η δύναμη $\vec{F}$ και μέχρι ο αγωγός να αποκτήσει οριακή ταχύτητα εκτελεί μη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση που συνεχώς μειώνεται.

Έχουμε: $ΣF = 0 \Rightarrow F_L' = W \Rightarrow B I' \ell = mg \Rightarrow B \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} \ell = mg$

$$\Rightarrow B \frac{B υ_{op} \ell}{R_{ολ}} \ell = mg \Rightarrow υ_{op} = \frac{mg R_{ολ}}{B^2 \ell^2} \Rightarrow \boxed{υ_{op} = 20\, m/s}$$

Δ5 Ισχύει $i' = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} = \frac{B\upsilon\ell}{R_{ολ}} \Rightarrow i' = \frac{B\ell}{R_{ολ}}\upsilon \longrightarrow \frac{di'}{dt} = \frac{B\ell}{R_{ολ}}\frac{d\upsilon}{dt}$

$\Rightarrow 0,25 = \frac{1\cdot 1}{4}\frac{d\upsilon}{dt} \Rightarrow \frac{d\upsilon}{dt} = 1\,m/s^2 = \alpha'$

Η μηχανική ενέργεια του αγωγού είναι: $E_{ΜΗΧ} = K + U_{βαρ}$

Ο ρυθμός μεταβολής της μηχανικής ενέργειας είναι:

$$\frac{dE_{ΜΗΧ}}{dt} = \frac{dK}{dt} + \frac{dU_{βαρ}}{dt}$$

Ισχύει: $\Sigma F' = m\alpha' \Rightarrow w - F_L' = m\alpha' \Rightarrow F_L' = mg - m\alpha'$

$\Rightarrow F_L' = m(g-\alpha) = 0,5\,(10-1)\,N \Rightarrow F_L' = 4,5\,N$

και $F_L' = Bi'\ell = B\frac{B\upsilon'\ell}{R_{ολ}}\cdot\ell \Rightarrow F_L' = \frac{B^2\ell^2}{R_{ολ}}\upsilon' \Rightarrow 4,5 = \frac{1\cdot 1}{4}\upsilon'$

$\Rightarrow \underline{\upsilon = 18\,m/s}$

Έχουμε:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F'}}{dt} = \frac{\Sigma F'\cdot dy}{dt} = \Sigma F'\cdot\upsilon = m\alpha'\cdot\upsilon$$

$$\frac{dK}{dt} = 0,5\cdot 1\cdot 18\,J/s \Rightarrow \frac{dK}{dt} = +9\,J/s$$

και $\frac{dU_{βαρ}}{dt} = -\frac{dW_w}{dt} = -\frac{+w\cdot dy}{dt} = -mg\cdot\upsilon$

$$\frac{dU_{βαρ}}{dt} = -0,5\cdot 10\cdot 18\,J/s \Rightarrow \frac{dU_{βαρ}}{dt} = -90\,J/s$$

άρα $\frac{dE_{ΜΗΧ}}{dt} = +9\,J/s - 90\,J/s \Rightarrow \boxed{\frac{dE_{ΜΗΧ}}{dt} = -81\,J/s}$

ή $\frac{dE_{ΜΗΧ}}{dt} = \frac{dK}{dt} + \frac{dU_{βαρ}}{dt} = \Sigma F'\cdot\upsilon - mg\upsilon = (mg - F_L')\upsilon - mg\upsilon$

$$\frac{dE_{ΜΗΧ}}{dt} = -F_L'\cdot\upsilon = -4,5\cdot 18\,J/s = -81\,J/s$$