

ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ – ΡΕΥΣΤΑ, ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις **A1-A4** να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

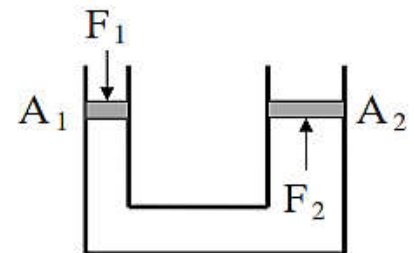
- A1.** Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού «απείρου» μήκους είναι:
- α. ευθύγραμμες και παράλληλες προς τον αγωγό
 - β. ευθύγραμμες και κάθετες στον αγωγό
 - γ. κυκλικές, με το επίπεδό τους παράλληλο στον αγωγό
 - δ. κυκλικές, με τα κέντρα τους πάνω στον αγωγό και τα επίπεδά τους κάθετα προς αυτόν
- A2.** Ο κανόνας του Lenz:
- α. είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης του φορτίου
 - β. είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας
 - γ. ορίζει ότι το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά ώστε το μαγνητικό πεδίο να μην αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε
 - δ. καθορίζει την τιμή της ΗΕΔ από επαγωγή
- A3.** Σε περιοχές μιας οριζόντιας φλέβας που οι ρευματικές γραμμές πυκνώνουν:
- α. η ταχύτητα ροής και η πίεση αυξάνονται
 - β. η ταχύτητα ροής και η πίεση μειώνονται
 - γ. η ταχύτητα ροής αυξάνεται και η πίεση μειώνεται
 - δ. η ταχύτητα ροής μειώνεται και η πίεση αυξάνεται
- A4.** Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα ενός ανοικτού δοχείου το οποίο περιέχει υγρό δεν εξαρτάται από:
- α. το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας
 - β. το εμβαδόν της βάσης του δοχείου
 - γ. το ύψος του υγρού μέσα στο δοχείο
 - δ. από το είδος του υγρού

A5. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν με το γράμμα **Σ**, αν είναι σωστές, και με το γράμμα **Λ**, αν είναι λανθασμένες.

- α) Κατά μήκος ενός σωλήνα ή μιας φλέβας η παροχή διατηρείται σταθερή.
- β) Η ταχύτητα κάθε μορίου ενός ρευστού εφάπτεται στη ρευματική γραμμή πάνω στην οποία κινείται.
- γ) Δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι ρευματοφόροι αγωγοί απείρου μήκους απωθούνται, αν τα ρεύματα είναι ομόρροπα.
- δ) Στα άκρα ενός αντιστάτη εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση της μορφής $u = V\eta\omega t$. Η διαφορά φάσης μεταξύ της στιγμιαίας τάσης u και της στιγμιαίας έντασης i του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη είναι μηδέν.
- ε) Η μαγνητική διαπερατότητα μ ενός υλικού είναι πολύ μεγαλύτερη της μονάδας, εάν το υλικό είναι παραμαγνητικό.

ΘΕΜΑ Β

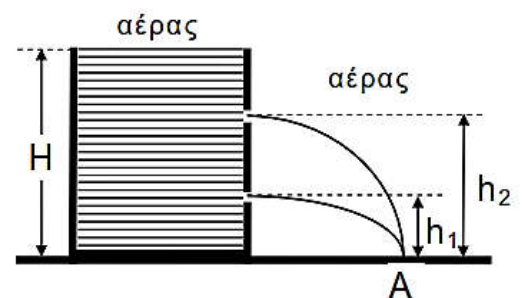
B1. Στο υδραυλικό πιεστήριο που φαίνεται στο σχήμα τα δύο αβαρή έμβολα αρχικά ισορροπούν. Ασκούμε στο έμβολο εμβαδού A_1 , δύναμη F_1 και το βυθίζουμε κατά y_1 . Η δύναμη F_1 παράγει έργο W_1 . Η δύναμη F_2 που ασκείται από το υγρό στο έμβολο εμβαδού A_2 παράγει αντίστοιχα έργο W_2 τέτοιο ώστε:



- α) $W_1 = W_2$
- β) $W_2 > W_1$
- γ) $W_2 < W_1$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

B2. Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε ένα δοχείο και δύο μικρές πλευρικές οπές σε ύψη h_1 και h_2 από τον πυθμένα του δοχείου. Οι δύο φλέβες νερού που εκρέουν από τις οπές πέφτουν στο ίδιο σημείο. Η σχέση που πρέπει να συνδέει τα h_1 , h_2 και το ύψος H του δοχείου είναι:



- α) $h_1 + h_2 = H/2$
- β) $h_1 + h_2 = H$
- γ) $h_1 + h_2 = 1,5H$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

B3. Βρύση Α σταθερής παροχής γεμίζει μια δεξαμενή σε χρόνο $t_1 = 3h$. Βρύση Β σταθερής παροχής γεμίζει την ίδια δεξαμενή σε χρόνο $t_2 = 4h$. Βρύση Γ σταθερής παροχής αδειάζει

την ίδια γεμάτη δεξαμενή σε $t_3=5h$.

1. Αν λειτουργούν ταυτόχρονα οι βρύσες A και B η δεξαμενή γεμίζει σε χρόνο:

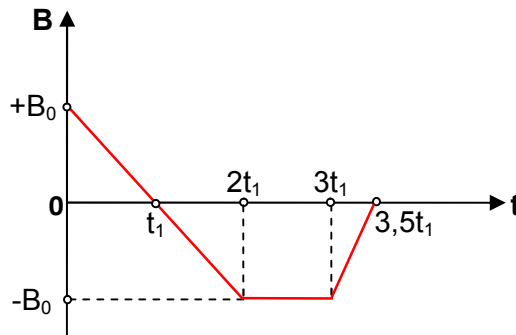
- a) $t=12/7$ h β) $t=7/12$ h γ) $t=7$ h

2. Αν λειτουργούν ταυτόχρονα και οι τρεις βρύσες σε πόσο χρόνο γεμίζει η δεξαμενή;

- a) $t=60/23$ h β) $t=23/60$ h γ) $t=2$ h

Να επιλέξετε τις σωστές απαντήσεις και να δικαιολογήσετε τις επιλογές σας.

B4. Κλειστό τετράγωνο αγώγιμο πλαίσιο μίας σπείρας και ωμικής αντίστασης R βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} , η τιμή της οποίας μεταβάλλεται με τον χρόνο t σύμφωνα με το διάγραμμα του ακόλουθου σχήματος. Οι δυναμικές γραμμές διέρχονται κάθετα από την επιφάνεια που ορίζει το πλαίσιο.



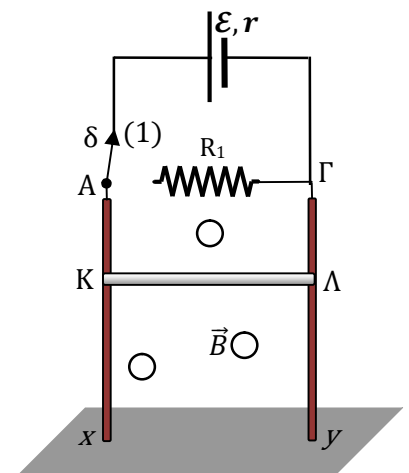
Εάν Q είναι η θερμότητα Joule που εκλύεται από το πλαίσιο στο περιβάλλον από τη χρονική στιγμή 0 έως τη χρονική στιγμή t_1 , η θερμότητα Joule που εκλύεται από το πλαίσιο στα χρονικά διαστήματα $0 \leq t \leq 2t_1$, $2t_1 \leq t \leq 3t_1$ και $3t_1 \leq t \leq 3,5t_1$ είναι αντίστοιχα:

- a) $2Q, 0$ και $2Q$ β) $2Q, Q$ και $2Q$ γ) $2Q, 0$ και $Q/2$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

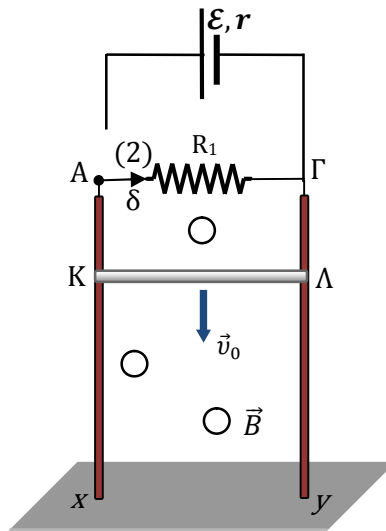
ΘΕΜΑ Γ

Ο οριζόντιος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ του σχήματος μάζας $m = 0,2$ kg, μήκους $\ell = 1$ m, και ωμικής αντίστασης $R = 6 \Omega$, ισορροπεί ακίνητος με τα άκρα του σε επαφή με δύο λεία, αγώγιμα και κατακόρυφα σύρματα Αx και Γy αμελητέας ωμικής αντίστασης. Ο διακόπτης δ βρίσκεται στη θέση (1) και η πηγή που έχει συνδεθεί στα Α και Γ έχει ΗΕΔ $E = 7$ V και εσωτερική αντίσταση $r = 1 \Omega$. Ο ευθύγραμμος αγωγός βρίσκεται ολόκληρος μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B με τέτοιο τρόπο ώστε οι δυναμικές του γραμμές να είναι κάθετες στο επίπεδο των συρμάτων (η φορά των δυναμικών γραμμών δεν έχει σχεδιαστεί στο σχήμα).



1. Να προσδιορίσετε την ένταση \vec{B} του μαγνητικού πεδίου (μέτρο και κατεύθυνση).

Τη στιγμή $t_0 = 0$ ο διακόπτης μετακινείται στη θέση (2) και δίνουμε στον αγωγό ΚΛ αρχική ταχύτητα μέτρου $u_0 = 12 \text{ m/s}$ με φορά προς τα κάτω, όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω. Ο αντιστάτης που γεφυρώνει τα άκρα Α και Γ έχει αντίσταση $R_1 = 2 \Omega$.



2. Να περιγράψετε την κίνηση που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ και να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα που αποκτά.
3. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ενέργεια που αποδόθηκε στο κύκλωμα μέχρι να αποκτήσει η ράβδος την οριακή της ταχύτητα, αν γνωρίζετε ότι η ράβδος αποκτά την οριακή της ταχύτητα μετά από μετακίνησή της κατά $h = 8,6 \text{ m}$.

Κάποια χρονική στιγμή t_1 η ταχύτητα του αγωγού ΚΛ έχει μέτρο $u_1 = 6 \text{ m/s}$.

4. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση της ράβδου ΚΛ εκείνη τη στιγμή t_1 .
5. να υπολογίσετε για τον αγωγό ΚΛ τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής του ενέργειας και τον ρυθμό μεταβολής της βαρυτικής δυναμικής του ενέργειας την στιγμή t_1 .

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$. Θεωρήστε ότι ο αγωγός ΚΛ δεν φτάνει σε καμία περίπτωση στο έδαφος και ότι το δάπεδο στο οποίο στηρίζονται οι αγωγοί Αx και Γy είναι μονωμένο.

ΛΥΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

A1.δ, A2.β, A3.γ, A4.β, A5. α) Σ, β) Σ, γ) Λ, δ) Σ, ε) Λ

ΘΕΜΑ Β

B1. Σωστή απάντηση είναι η (α).

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal οποιαδήποτε μεταβολή της πίεσης σε ένα σημείο του ρευστού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του ρευστού.

$$W_1 = F_1 y_1 \text{ και } W_2 = F_2 y_2 \text{ (1)}$$

$$\text{Επίσης } P_1 = \frac{F_1}{A_1} \text{ και } P_2 = \frac{F_2}{A_2} \text{ άρα } P_1 = P_2 \text{ (2)}$$

Ο όγκος του νερού που εκτοπίζεται από το εμβολο 1 είναι ίσος με το όγκο του νερού που εκτοπίζεται από το εμβολο 2. Άρα $V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 y_1 = A_2 y_2$ (3)

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (1),(2),(3) $W_1 = W_2$

B2. Σωστή απάντηση είναι η (β).

Εφαρμόζοντας 2 φορές το νόμο Bernoulli από σημεία της ελεύθερης επιφάνειας του ρευστού μέχρι τις οπές βγάζουμε ότι:

$$P_{\text{atm}} + \rho g H = P_{\text{atm}} + \frac{1}{2} \rho u_1^2 + \rho g h_1 \Rightarrow u_1 = \sqrt{2g(H-h_1)} \text{ και}$$

$$P_{\text{atm}} + \rho g H = P_{\text{atm}} + \frac{1}{2} \rho u_2^2 + \rho g h_2 \Rightarrow u_2 = \sqrt{2g(H-h_2)}$$

Οι χρόνοι πτώσης των 2 φλεβών στο έδαφος δίνονται από τον τύπο της ελεύθερης πτώσης

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} \text{ και } t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}.$$

$$\text{Όμως } x_1 = x_2 \Rightarrow u_1 \cdot t_1 = u_2 \cdot t_2 \Rightarrow \sqrt{2g(H-h_1)} \cdot \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{2g(H-h_2)} \cdot \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \Rightarrow h_1 + h_2 = H$$

B3. 1) Σωστή απάντηση είναι η (α).

Όταν λειτουργούν και οι δυο βρύσες ταυτόχρονα τότε η ολική παροχή και των δυο είναι

$$\Pi_{1,2} = \Pi_1 + \Pi_2 \Rightarrow \frac{V}{t} = \frac{V_1}{t_1} + \frac{V_2}{t_2} \Rightarrow \frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \Rightarrow \frac{1}{t} = \frac{1}{3h} + \frac{1}{4h} \Rightarrow t = \frac{12}{7}h$$

2) Σωστή απάντηση είναι η (α).

Όταν λειτουργούν και οι τρεις βρύσες ταυτόχρονα τότε η ολική παροχή και των τριών είναι:

$$\Pi_{1,2,3} = \Pi_1 + \Pi_2 - \Pi_3 \Rightarrow \frac{V}{t} = \frac{V_1}{t_1} + \frac{V_2}{t_2} - \frac{V_3}{t_3} \Rightarrow \frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_3} \Rightarrow \frac{1}{t} = \frac{1}{3h} + \frac{1}{4h} - \frac{1}{5h} \Rightarrow t = \frac{60}{23}h$$

B4. Σωστή απάντηση είναι η (α).

Έστω ότι το εμβαδόν του πλαισίου είναι A. Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο στο χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq t_1$ είναι:

$$I_1 = \frac{E_{\text{en1}}}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R} = -\frac{\Delta(BA)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R} = -\frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{A}{R} = -\frac{0 - B_0}{t_1 - 0} \cdot \frac{A}{R} = \frac{B_0 A}{t_1 R} \quad (1)$$

Η θερμότητα Joule που εκλύεται από το πλαίσιο στο παραπάνω χρονικό διάστημα είναι:

$$Q = I_1^2 R (t_1 - 0) \quad \text{ή λόγω της σχέσης (1),} \quad Q = \frac{B_0^2 A^2}{t_1 R} \quad (2)$$

Στο χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 2t_1$ το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1 και η θερμότητα που εκλύεται είναι:

$$Q_1 = I_1^2 R (2t_1 - 0) \quad \text{δηλαδή φαίνεται εύκολα ότι } Q_1 = 2Q.$$

Επειδή στο χρονικό διάστημα $2t_1 \leq t \leq 3t_1$ η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια είναι σταθερή (αφού $B = \text{σταθ.}$), δεν αναπτύσσεται στο πλαίσιο ΗΕΔ από επαγωγή και κατ' επέκταση ούτε επαγωγικό ρεύμα. Επομένως στο χρονικό διάστημα $2t_1 \leq t \leq 3t_1$ είναι $Q_2 = 0$.

Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο στο χρονικό διάστημα $3t_1 \leq t \leq 3,5t_1$ είναι:

$$I_3 = \frac{E_{\text{en3}}}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R} = -\frac{\Delta(BA)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R} = -\frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{A}{R} = -\frac{0 - (-B_0)}{3,5t_1 - 3t_1} \cdot \frac{A}{R} = -\frac{2B_0 A}{t_1 R} \quad (3)$$

Η θερμότητα Joule που εκλύεται από το πλαίσιο στο παραπάνω χρονικό διάστημα είναι:

$$Q_3 = I_3^2 R (3,5t_1 - 3t_1) = 0,5 I_3^2 R t_1 \quad \text{ή λόγω της σχέσης (3),} \quad Q_3 = \frac{2B_0^2 A^2}{t_1 R} \quad (4).$$

Συγκρίνοντας τις (2) και (4) προκύπτει: $Q_3 = 2Q$.

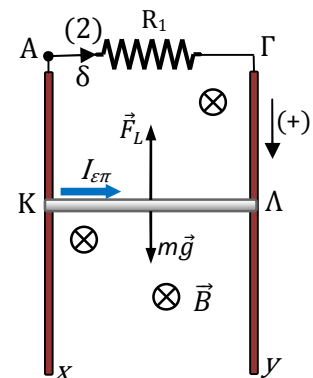
ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Ο αγωγός ισορροπεί οπότε η δύναμη Laplace (\vec{F}_L) που θα δέχεται από το μαγνητικό πεδίο θα είναι αντίθετη του βάρους του. Επομένως η \vec{F}_L είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω και σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού προκύπτει ότι η φορά των δυναμικών γραμμών είναι από τον αναγνώστη προς τη σελίδα (\otimes).

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ είναι:

$$I = \frac{E}{R + r} \Rightarrow I = 1 \text{ A}$$

Για την ισορροπία του αγωγού: $\Sigma F = 0 \Rightarrow F_L = mg \Rightarrow BIl = mg \Rightarrow B = 2 \text{ T}$.



Γ2. Ο αγωγός ΚΛ ξεκινά να κινείται προς τα κάτω και η μαγνητική ροή που διέρχεται από το κύκλωμα ΑΓΛΚΑ αρχίζει να αυξάνεται. Συνεπώς εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή και το κύκλωμα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα. Σε χρόνο dt ο αγωγός μετακινείται κατά dy , οπότε το εμβαδόν του κυκλώματος ΑΓΛΚΑ μεταβάλλεται κατά $dA = dy \cdot \ell$. Η ΗΕΔ που εμφανίζεται είναι κατ' απόλυτη τιμή:

$$E_{\text{en}} = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \left| \frac{BdA}{dt} \right| = \left| \frac{Bdy\ell}{dt} \right| = Bu\ell$$

Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει φορά τέτοια, ώστε να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκαλεί. Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος είναι:

$$I_{\text{en}} = \frac{E_{\text{en}}}{R + R_1} \Rightarrow I_{\text{en}} = \frac{Bu\ell}{R + R_1}$$

Συνεπώς η δύναμη Laplace που θα δέχεται θα αντιστέκεται στην κίνησή του. Για το μέτρο της δύναμης Laplace έχουμε: $F_L = BI\ell$ οπότε σύμφωνα με την προηγούμενη προκύπτει:

$$F_L = \frac{B^2 u \ell^2}{R + R_1}$$

Για τη συνισταμένη δύναμη που δέχεται ο αγωγός ΚΛ έχουμε:

$$\Sigma F = mg - F_L \Rightarrow \Sigma F = mg - \frac{B^2 u \ell^2}{R + R_1}$$

Την $t_0 = 0$ έχουμε: $F_{L(0)} = \frac{B^2 u_0 \ell^2}{R + R_1} = 6 \text{ N}$ και $mg = 2 \text{ N}$ δηλ. $F_{L(0)} > mg$

Από τον παραπάνω τύπο προκύπτει ότι η συνισταμένη δύναμη έχει αντίθετη φορά από την αρχική ταχύτητα και μεταβλητό μέτρο που αρχικά μειώνεται, καθώς η ταχύτητα του αγωγού μειώνεται. Επομένως η επιτάχυνση του αγωγού ελαττώνεται και αυτή κατά μέτρο, οπότε ο αγωγός εκτελεί αρχικά ευθύγραμμη επιβραδυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση που ελαττώνεται κατά μέτρο.

Κάποια χρονική στιγμή μηδενίζεται η συνισταμένη δύναμη άρα και η επιτάχυνση του αγωγού. Στη συνέχεια, αφού η ταχύτητα σταθεροποιείται, σταθεροποιείται και η δύναμη Laplace, οπότε η συνισταμένη δύναμη παραμένει ίση με μηδέν. Έτσι, μετά τη χρονική στιγμή του μηδενισμού της συνισταμένης δύναμης ο αγωγός εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με σταθερή (οριακή) ταχύτητα.

Για την οριακή ταχύτητα έχουμε:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow mg - \frac{B^2 u_{op} \ell^2}{R + R_1} = 0 \Rightarrow mg = \frac{B^2 u_{op} \ell^2}{R + R_1} \Rightarrow u_{op} = \frac{mg(R + R_1)}{B^2 \ell^2} \Rightarrow u_{op} = 4 \text{ m/s}$$

Γ3. Το έργο της δύναμης Laplace κατ' απόλυτη τιμή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που δόθηκε στο κύκλωμα. Εφαρμόζοντας το Θ.Μ.Κ.Ε. για την κίνηση του αγωγού μέχρι να αποκτήσει την οριακή του ταχύτητα:

$$K_{τελ} - K_{αρχ} = W_{mg} + W_{F_L} \Rightarrow \frac{1}{2} m u_{op}^2 - \frac{1}{2} m u_0^2 = mgh + W_{F_L} \Rightarrow W_{F_L} = \frac{1}{2} m (u_{op}^2 - u_0^2) - mgh \Rightarrow W_{F_L} = -30 \text{ J.}$$

Άρα η ηλεκτρική ενέργεια που αποδόθηκε στο κύκλωμα είναι: $E_{ηλ} = 30 \text{ J.}$

Γ4. Τη στιγμή t_1 έχουμε:

$$\Sigma F = ma_1 \Rightarrow mg - \frac{B^2 u_1 \ell^2}{R + R_1} = ma_1 \quad \text{και αντικαθιστώντας με } u_1 = 6 \text{ m/s βρίσκουμε: } a_1 = -5 \text{ m/s}^2.$$

5. Για τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας ισχύει:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F}}{dt} = \Sigma F \cdot \frac{dy}{dt} = m \cdot a \cdot u, \quad \text{οπότε την } t_1 \text{ έχουμε:}$$

$$\left(\frac{dK}{dt} \right)_{t_1} = m \cdot a_1 \cdot u_1 \Rightarrow \left(\frac{dK}{dt} \right)_{t_1} = -6 \text{ J/s}$$

Για τον ρυθμό μεταβολής της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας ισχύει:

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{dW_{mg}}{dt} = -mg \cdot \frac{dy}{dt} = -m \cdot g \cdot u, \quad \text{οπότε την } t_1 \text{ έχουμε:}$$

$$\left(\frac{dU}{dt} \right)_{t_1} = -m \cdot g \cdot u_1 \Rightarrow \left(\frac{dU}{dt} \right)_{t_1} = -12 \text{ J/s}$$